Haushalte und ihre Wohnungsansprüche als Grundlage räumlicher Allokation städtischer Aktivitäten

Modell und praktische Anwendung

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Würde eines
Doctor rerum politicarum
der Rechts- und wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät
der Universität Bern

vorgelegt von

Walter Egon Konanz
von Karlsruhe (BR Deutschland)

Verlag Paul Haupt Bern 1977

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548111_0017

Berner Beiträge zur Nationalökonomie Band 31

Herausgegeben von
H. G. BIERI, H. SIEBER und E. TUCHTFELDT
o. Professoren der Universität Bern

Haushalte und ihre Wohnungsansprüche als Grundlage räumlicher Allokation städtischer Aktivitäten

Modell und praktische Anwendung

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Würde eines
Doctor rerum politicarum
der Rechts- und wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät
der Universität Bern

vorgelegt von

Walter Egon Konanz
von Karlsruhe (BR Deutschland)

Verlag Paul Haupt Bern 1977

Die Fakultät hat diese Arbeit am 8. Juli 1976 auf Antrag von Herrn Prof. Dr. W. Popp als Dissertation angenommen, ohne damit zu den darin ausgesprochenen Auffassungen Stellung nehmen zu wollen.

Der Dekan:
Prof. Dr. W. Rüegg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Diese Arbeit erscheint gleichzeitig unter dem Titel „Wohnen und Arbeiten als städtische Grundfunktionen" als Band 31 der Berner Beiträge zur Nationalökonomie im Verlag Paul Haupt Bern und Stuttgart

ISBN 3-258-02592-4

Alle Rechte vorbehalten
Copyright © 1977 by Paul Haupt Berne
Printed in Switzerland

MEINEN ELTERN
MEINER FRAU

Vorwort

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird nach einer kurzen Einführung in den Problemkreis ein mathematisches Modell zur räumlichen Allokation der städtischen Grundfunktionen „Arbeiten" und „Wohnen" dargestellt. Mit Hilfe simulativer Analyse werden Aussagen zum Siedlungs- und Wohnungsbereich, über Sozialstrukturen und Wohnplatz-Arbeitsplatzverknüpfungen abgeleitet.

In einer ersten Stufe bieten die Haushalte die Grundlage der Betrachtung, da diese bezüglich ihrer Sozialklasse homogenen Gruppen von Einzelpersonen als eigentliche Wohnraumnachfrager auftreten. Auf der Angebotsseite wird darüber hinaus berücksichtigt, dass Wohnraum weder homogen noch beliebig teilbar ist, sondern nur in Form ganzer, in ihrer Grösse und Ausstattung unterschiedlicher Wohnungen vorliegt. Es wird dabei von dem Postulat ausgegangen, dass ein Haushalt – je nach Zugehörigkeit zu einer bestimmten Sozialklasse – gewisse Ansprüche an seine Wohnung richtet und versucht, diese zu realisieren. In einer zweiten Stufe wird dann der Übergang von den Haushalten zu ihren Mitgliedern hergestellt.

Danach folgt die Darstellung der Funktionsweise des Modells in einer praktischen Anwendung in der Stadt Mannheim auf der Basis der Ergebnisse der Volkszählung 1970. Dabei stehen neben der Erläuterung der Datenbeschaffungsprobleme, die Interpretation der Ergebnisse und der Nachweis der Anwendbarkeit des Modells im Mittelpunkt der Überlegungen. In einem Anhang wird die „Bedienung" des Computerprogrammsystems in Form eines kurzen Benutzerhandbuches für den Anwender erläutert.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Dr. H. Hautzinger für die wertvollen Anregungen danken, die sich aus unzähligen Diskussionen ergeben haben. Besonderen Dank gebührt auch allen Mitarbeitern des Statistischen Amtes der Stadt Mannheim für ihre bereitwillig gewährte Unterstützung bei der Datenerfassung.

Schliesslich sei Herrn Prof. Dr. W. Popp für sein Interesse an dieser Arbeit noch einmal herzlich gedankt.

Walter Konanz

Inhaltsverzeichnis

1 Problemstellung und Überblick 11

11 Abgrenzung des Problembereiches 11
12 Bedeutung modellmässiger Untersuchungen im Planungsablauf 12
13 Mathematische Modelle zur räumlichen Allokation städtebaulicher Funktionen 14
131 Allgemeine Übersicht 14
132 Grundzüge des *Lowry*-Modells 16

2 Ein Simulationsmodell zur räumlichen Allokation der städtischen Grundfunktionen „Wohnen" und „Arbeiten" 19

21 Grundgedanken zum Aufbau 19
22 Modellelemente und ihre Verknüpfungen 20
23 Mathematische Formulierung des Modells 24
231 Übersicht 24
232 Disaggregation der Haushalte 26
233 Allokation der Haushalte 27
234 Allokation der Haushaltsmitglieder 38
235 Ergebnisauswertung 42

3 Praktische Anwendung des Modells in der Stadt Mannheim 47

31 Vorgehensweise 47
32 Erfassung und Aufbereitung der Daten 48
331 Untersuchungszeitpunkt und räumliche Abgrenzung 48
322 Erfassung bevölkerungsstatistischer Merkmale 50
323 Erfassung wohnungsstatistischer Merkmale 54
324 Ermittlung der Gewichte und Richtwerte 55
325 Ermittlung der Reisezeiten und Widerstandsfunktionen 60
33 Ergebnisse der Modellrechnungen 65
331 Berufspendlerströme 65
332 Wohnbevölkerung 70
333 Rentner 73
334 Sozialstrukturen 75

4 Schlussbetrachtung 85

Anhang
Benutzeranleitung für das Computerprogrammsystem 87

Literaturverzeichnis 99

Quellen des statistischen Materials 103

1 Problemstellung und Überblick

11 Abgrenzung des Problembereiches

Die Entwicklung der Ballungsgebiete ist in den letzten Jahren immer häufiger Gegenstand von Diskussionen auf vielen Ebenen des öffentlichen Lebens geworden. Diese Erscheinung, die in allen modernen Industrienationen[1] zu beobachten ist, hat dazu geführt, dass immer grössere Anforderungen an die Planung gerichtet werden. So hat sich im Laufe der sechziger Jahre zunehmend der Begriff „Stadtentwicklungsplanung" für eine Kategorie des Planens durchgesetzt, die sich nach *Albers* „in mehrfacher Hinsicht von der traditionellen Vorstellung des Städtebaues unterscheidet und über sie hinausweist. Stadtentwicklung wird dabei nicht so sehr im Sinne der Evolution verstanden, als vielmehr im Sinne des englischen ‚development', also transitiv interpretiert . . . Die ‚Anpassungsplanung' oder ‚Auffangplanung' . . . wird ersetzt durch eine aktive, die Investitionspolitik einbeziehende Strukturentwicklungspolitik der ‚öffentlichen Hand'." [2]

Aus der Fülle der Problemkreise, die mit diesem Begriff verbunden sind, wird in dieser Arbeit ein Gebiet herausgegriffen, das sich in Anlehnung an *Schuhmann* mit „Strukturplanung" umschreiben lässt. Dabei wird „Strukturplanung als innerstädtisches Planungskonzept verstanden, das den räumlich-funktionalen Bezug des Stadtgefüges definiert".[3]

Innerhalb dieses Rahmens wird ein Hilfsmittel erarbeitet, das sachlich bedeutsame Planungsinformationen liefert, wobei Fragen nach den Auswirkungen planerischer Massnahmen auf den Siedlungsbereich, auf Sozialstrukturen in Wohngebieten, nach Angebot, Grösse und Ausstattung von Wohnungen sowie nach der räumlichen Zuordnung von Wohnungs- und Arbeitsplatzangebot im Vordergrund stehen.

Ausgehend von den beiden Grundfunktionen städtischen Lebens „Arbeiten" und „Wohnen"[4] wird ein mathematisches Modell entwickelt, das die wesentlichen Zusammenhänge dieser Funktionen hinreichend genau wiedergibt.

Hierbei erscheint es wichtig, schon bei der Modellformulierung Probleme der Datenerfassung zu berücksichtigen, was insbesondere bedeutet, dass die Eingabe-

1 In der vorliegenden Arbeit werden die Probleme vor dem Hintergrund der ökonomischen, sozialen und demographischen Gegebenheiten der Bundesrepublik Deutschland erörtert, was jedoch lediglich durch die Herkunft des Verfassers und seiner früheren Tätigkeit an der Universität (WH) Mannheim und nicht etwa durch irgendwelche Besonderheiten dieses Landes begründet ist.

2 *G. Albers* (1) S. 3202.

3 *E.-U. Schuhmann* (62) S. 21.

4 vgl. *L. Maenling* (43) S. 17.

informationen im wesentlichen aus der amtlichen Statistik zu beziehen und Sonderzählungen zu vermeiden sind.

Unter diesem Blickwinkel kommt der praktischen Anwendung des Modells im Rahmen dieser Arbeit eine doppelte Funktion zu. Einerseits bedarf es des empirischen Nachweises der Anwendbarkeit[5] und andererseits ist zu zeigen, dass aus den Daten der amtlichen Statistik die notwendigen Eingabeinformationen erarbeitet werden können.

Modellentwicklung auf der einen Seite und ihre praktische Anwendung auf der anderen Seite stehen somit als gleichbedeutende Hauptpunkte wissenschaftlicher Betätigung auf dem Gebiet der Erarbeitung von Prognosemethoden in der Stadt- und Regionalplanung nebeneinander.

12 Bedeutung modellmässiger Untersuchungen im Planungsablauf

L. Maenling[6] hat 1973 in seinem Referat vor der Hauptversammlung des Verbandes Deutscher Städtestatistiker die heute allgemein übliche Reihenfolge im Planungsablauf treffend durch folgende Schritte beschrieben[7]:

- Planung
- Entscheidung
- Realisierung

5 In Anlehnung an *E. Kosiol* (38) ist die Verwendung eines Idealmodelles wissenschaftlich dann sinnvoll, wenn es sich in einer konkreten Anwendung bewährt. „Diese Modelle (der Unternehmensforschung und hierzu ist auch das im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelte Modell zu rechnen, Anm. d. Verf.) zeichnen sich nämlich in aller Regel dadurch aus, dass sie mindestens zunächst Idealmodelle darstellen, d. h. auf formalisierten Ausgangssätzen beruhen, die den Charakter unverbindlicher Annahmen ohne realen Geltungsanspruch tragen. Solche Sätze sind keine Hypothesen, die als Behauptungen empirische Wahrheit beanspruchen und einer Überprüfung bedürfen. Sie informieren uns nicht über die Realität und bilden zunächst nur mögliche, empirisch denkbare Fälle ab. Die Frage nach der realen Gültigkeit derartiger Modelle wird zumindest bis zum Zeitpunkt ihrer Anwendung in einem bestimmten Realitätsbereich offengelassen. Dann erst wird die Frage der praktischen Brauchbarkeit eines Modells aufgeworfen. Bewährt sich das Modell in der konkreten Anwendung, wobei das Idealmodell in ein Realmodell übergeht, so wird die infolge vorhandener Isomorphie gegebene Anwendungsmöglichkeit erhärtet. Das Idealmodell selbst als syntaktisches Deduktionssystem wird und kann nicht durch Anwendung bewiesen oder verifiziert werden. Lediglich die einzelne Anwendung des Modells wird bestätigt oder widerlegt, das Modell ist anwendbar oder nicht". (*E. Kosiol* (38) S. 757).
Ähnliche Auffassungen vertreten beispielsweise auch *M. Bahlberg* (3), *E. Heinen* (31) oder *G. Woehe* (73). *W. Staehlin* (66), spricht solchen „Fiktionstheorien" dagegen jeden Erklärungswert ab, ebenso *H. Albert* (2), der sie als „Theorie-Degenerate" bezeichnet, eine Ansicht, die er allerdings nach Aussage von *W. Joehr* in einem Brief teilweise revidiert (vgl. *W. Joehr* (33) S. 28).

6 vgl. *L. Maenling* (43).

7 *L. Maenling* (43) S. 19 f.

– Feststellung und Analyse des Realisierungseffektes
– Plankorrektur.

Um folgenschwere Fehlentwicklungen zu vermeiden, sollte dieses Verfahren abgelöst werden. *L. Maenling* schlägt dabei folgende Kette vor:

– Planung
– Plananalyse, Effektprognose, Durchleuchtung von Alternativlösungen
– Plankorrektur
– Entscheidung
– Realisierung
– Durchführungsbeobachtung und Korrektur.

Der Einsatz von Prognosemodellen ist dabei in erster Linie auf den ersten drei Stufen zu sehen, wobei das Schwergewicht in der Effektprognose und der Durchleuchtung von Alternativen liegt.

Die „traditionelle" Erarbeitung von Konsequenzen planerischer Massnahmen ist in der Regel sehr aufwendig. Eine detaillierte Untersuchung von Alternativplänen wird deshalb nur selten durchgeführt. Es wird im Rahmen dieser Arbeit gezeigt werden, dass solche Fragestellungen – liegt eine Modelldatenbasis einmal vor – mit geringerem Aufwand beleuchtet werden können.

Gerade hier sollte jedoch aus zweierlei Gründen ein Schwergewicht im Planungsablauf liegen. An erster Stelle ist zu nennen, dass eine Stadt überhaupt nur bedingt planbar ist. Der überwiegende Anteil der Entscheide, die das Bild einer Stadt prägen, sind private Entscheide, auf die der Staat nur mit beschränkten Mitteln direkt Einfluss nehmen kann. Staatliche Planungsentscheide sind als Rahmenbedingungen zu verstehen, deren Ausfüllung zwar durch gewisse Anreize gesteuert werden kann, im Grunde jedoch überwiegend privaten Investoren überlassen bleibt. Hier erscheint es notwendig, die Auswirkungen unterschiedlicher Planungserfüllungsgrade im voraus zu untersuchen, um instabile Planvarianten zu erkennen.

Der zweite Aspekt liegt im Prozess der Entscheidungsfindung begründet. Planungsentscheidungen sind eindeutig der Gruppe der politischen Entscheidungen zuzuordnen und somit einem Prozess der Konfliktthandhabung unterworfen. „Die Machtverteilung innerhalb und ausserhalb des politischen Systems bestimmt vor allem, wer sich mit seinen Forderungen durchzusetzen vermag"[8]. Gerade diese Situation lässt es wenig sinnvoll erscheinen, *einen* Plan diesem Entscheidungsgremium zukommen zu lassen, für den sich möglicherweise keine Mehrheiten finden. Es sollte vielmehr ein Bündel genau analysierter Planvarianten vorgelegt werden. Für diese Aufgabe bedarf es aber notwendigerweise eines Instrumentariums, das in Form modellmässiger Untersuchungen mit vertretbarem Aufwand diese Informationen bereitstellt.

Darüber hinaus bleibt jedoch unberührt, dass ohne den Einsatz von Prognosemodellen gewisse Informationen wegen der Auswirkungen der Rückkoppelungsmechanismen wohl schwerlich hinreichend genau zu bestimmen sind.

8 vgl. *W. Kirsch* (36) S. 122 f.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Modelle in der Stadt- und Regionalplanung keinesfalls die Aufgabe haben, den Planungsprozess zu ersetzen oder gar Planungsentscheide zu antizipieren, sie sollen die Ableitung sogenannter „wenn-dann"-Aussagen zulassen, d. h. im oben genannten Rahmen Konsequenzen planerischer Massnahmen aufzeigen, ohne diese in irgendeiner Weise zu bewerten. Das Modell soll somit lediglich der Verbesserung des Informationsstandes des Planers dienen. Bewertungen müssen – ausserhalb des Modells – von den massgeblichen Fachleuten, den Politikern und nicht zuletzt von den betroffenen Bürgern selbst durchgeführt werden.

13 Mathematische Modelle zur räumlichen Allokation städtebaulicher Funktionen

131 Allgemeine Übersicht

Bemüht man sich um einen ersten Zugang zu mathematischen Modellen zur räumlichen Allokation städtebaulicher Funktionen, so wird man einer Vielzahl von Ansätzen gegenüberstehen. Dies um so mehr, als die Unterschiedlichkeit der Fragestellungen und Modellkonzeptionen bislang eine eindeutige Klassifizierung der Ansätze verhindert hat. So wurden Möglichkeiten zur Einteilung solcher Modelle z. B. in Arbeiten von *M. D. Kilbridge* et al. (34), *J. W. Nowak* (52), *W. Popp* (54), *E. Reichenbach* (60), *M. Saettler* (61) sowie *M. L. Senior* (63) und (64) aufgezeigt.

Die vorliegende Arbeit beschränkt sich in Einklang mit der bereits umrissenen Problemstellung[9] auf Entwicklungen, die die kleinräumige Verknüpfung der Grundfunktionen „Wohnen" und „Arbeiten" ermöglichen. Aus diesem Grunde müssen Globalmodelle des regionalen Wachstums, wie z. B. das Modell von *J. W. Forrester* (23) [10] oder des ZBZ (74) (Zentrum Berlin für Zukunftsforschung), ebenso ausserhalb der Betrachtung bleiben, wie Arbeiten zur Analyse räumlicher Mobilität [11] oder Modelle des reinen Verkehrsgeschehens [12].

Dieser Negativkatalog erhebt keineswegs den Anspruch auf Vollständigkeit, sondern soll lediglich die Breite des Spektrums wissenschaftlicher Betätigung auf diesem Gebiete aufzeigen.

Neben der Unterscheidung nach dem Untersuchungsgegenstand ist eine Klassifikation nach der Untersuchungsmethode bekannt. *W. Popp* (54) unterscheidet dabei Regressionsmodelle (vgl. *J. H. Niedercorn* (50), *S. H. Putman* (57) und *Peat, Marwick, Mitchell & Co.* (53)), Modelle der mathematischen Optimierung (vgl.

9 vgl. hierzu Abschnitt 11.

10 Zu diesem Modellkomplex vgl. *J. W. Forrester* (24) und *D. L. Meadows* (45) sowie kritische Würdigungen von *W. Hugger* (32) und *E. Reichenbach* (60).

11 Zum Problem der Wanderungen vgl. *M. Mueller* (46) und die dort angegebene Literatur.

12 Zum Bereich der Verkehrserzeugung, -Verteilung und -Umlegung sowie des Modal-Splits vgl. u. a. *W. Helly* (30), *G. F. Newell* (49), *H. Hautzinger* (29) und besonders die Beiträge in Transportation Research.

H. Ben-Shahar et al. (7), *R. Thoss* (69), *J. F. Courtney* (13), *H. Diedrich* (17), *S. J. Bernstein* et al.(8) und *S. S. Skjei* (65)) sowie Simulationsmodelle [13].

Die Ausführungen werden an dieser Stelle auf die Darstellung von Simulationsmodellen beschränkt, ohne auf kritische Würdigungen von Optimierungsmethoden einzugehen [14], da Simulationsmodelle den Ausgangspunkt des im Abschnitt 2 beschriebenen Ansatzes darstellen.

Die vergleichende Betrachtung [15] von Simulationsmodellen zur räumlichen Allokation der Funktionen „Arbeiten" und „Wohnen" lässt erkennen, dass nahezu alle Entwicklungen von den Grundgedanken *I. S. Lowry's* [16] entscheidend beeinflusst worden sind.

Hier sollen einige der bekanntesten *Lowry*-Nachfolgemodelle aufgezählt werden, die trotz wesentlich erweiterter und verfeinerter Modellzusammenhänge Verwandtschaft zu dem *Lowry*-Modell erkennen lassen [17]:

- Time Oriented Metropolitan Model (TOMM)
  J. P. Crecine (14) und (15)
- Projective Land Use Model (PLUM)
  W. Goldner (27) und *W. Goldner* et al.(28)
- Land Use Model for Sub-Regional Planning
  E. L. Cripps, D. H. S. Foot (16)
- An Operational Urban Development Model of Cheshire
  M. Cordey-Hayes, D. B. Massey (12)
- Urban Systems Model (USM)
  Envirometrics Inc. (21)
- Lowry-Model Dortmund (LOMODO)
  I. Masser et al.(44)
- Modell zur regionalen Allokation von Aktivitäten (ORL-MOD-1)
  O. Stradal et al.(67) und *O. Stradal, K. Sorgo* (68)
- Urban Model (LUBFS)
  M. Echenique et al.(20)
- Das kommunale Simulationslaboratorium (POLIS)
  M. Wegener (70)

13 Für weitere Klassifikationsmöglichkeiten in Gesamt- oder Teil-, mikro- oder makroanalytische und explikative oder deskriptive Modelle vgl. *E. Reichenbach* (60) und die dort angegebene Literatur. Von *I. S. Lowry* (41) ist eine Unterscheidung in beschreibende, aussagende und Planungsmodelle bekannt. *W. Maelich* (42) differenziert nach deterministischen und stochastischen Modellen im engeren und weiteren Sinne.

14 vgl. hierzu z. B. *F. E. Muennich* (47) und *F. Naschold* (48).

15 vgl. hierzu z. B. *M. Batty* (6), *J. M. Choukroun* (11), *P. Nijkamp* (51).

16 vgl. *I. S. Lowry* (40).

17 Die angegebenen Literaturhinweise sind keinesfalls vollständig und dokumentieren lediglich die mit den Modellen verbundenen Verfassernamen. Es ist zu beachten, dass solche Entwicklungen sich über einen längeren Zeitraum erstrecken und daher keine eindeutige chronologische Reihenfolge festzulegen ist.

– Simulative Analyse regionaler und städtischer Systeme (SIARSSY)
W. Popp et al.(55) und (56).

Im folgenden werden ganz kurz die wesentlichen Zusammenhänge des Modells von *I. S. Lowry* [18] aufgezeigt. Dabei ist festzuhalten, dass es sich um die ursprüngliche Modellformulierung handelt, die in vielen Arbeiten [19] verbessert und erweitert wurde. Keines der genannten Modelle ist mit dem *Lowry*-Modell identisch, jedoch wurden alle Entwicklungen mehr oder weniger stark durch dieses Gedankengut beeinflusst.

132 Grundzüge des Lowry-*Modells* [20]

Ausgangspunkt der Überlegungen von *I. S. Lowry* ist eine zu untersuchende Region im Sinne eines räumlich abgegrenzten Gebietes. Zur räumlichen Identifikation der relevanten Vorgänge und Einflüsse wird diese Region in eine Anzahl disjunkter, d. h. sich nicht überschneidender, Teilgebiete – sogenannte Zonen – unterteilt.

Da *I. S. Lowry* nur die beiden Funktionen „Wohnen" und „Arbeiten" betrachtet, geht er davon aus, dass die nutzbare Fläche jeder Zone einerseits in Wohnfläche, und andererseits in Fläche für Arbeitsplätze, aufgeteilt werden kann, wobei er der Flächennutzung durch Arbeitsplätze höchste Priorität einräumt. Dies bedeutet, dass die verfügbare Fläche erst dann als Wohnfläche freigegeben wird, wenn diese nicht zur Ansiedelung von Arbeitsplätzen benötigt wird.

In Anlehnung an das bereits in den fünfziger Jahren entwickelte Basic-Nonbasic-Konzept [21], „das wirtschaftliche Aktivitäten in sogenannten ‚Basics', welche die ökonomische Grundlage des Gebiets bilden und in sogenannte ‚Nonbasics', die zu den ersteren in einem räumlichen Abhängigkeitsverhältnis stehen" [22], gliedert, trennt *I. S. Lowry* die Beschäftigten in zwei Gruppen. Die Anzahl der Arbeitsplätze der Basisbeschäftigten, die nicht unmittelbar von der Grösse der Wohnbevölkerung abhängig ist, gibt er für jede Zone exogen vor, während die der Versorgung der Bevölkerung dienenden Dienstleistungsbeschäftigten und ihre räumliche Zuordnung Gegenstand der Modellberechnungen sind.

Ausgehend von der zonalen Vorgabe der Basisbeschäftigten kann nun der Modellablauf in Form eines iterativen Prozesses wie folgt beschrieben werden.

18 vgl. *I. S. Lowry* (40).

19 Hier wären neben den bereits genannten Verfassern noch *R. A. Garin* (26), *M. J. Batty* (4) und besonders die vielen Beiträge von *A. G. Wilson* (vgl. z. B. *A. G. Wilson* (71), und (72)) zu erwähnen.

20 vgl. *I. S. Lowry* (40).

21 Nach Angaben von *H. Kistenmacher* (37) gehen diese Überlegungen vornehmlich auf *R. B. Adrews, J. W. Alexander* und *H. Blumenfeld* zurück.

22 *H. Kistenmacher* (37) S. 149.

In einem ersten Schritt werden die Beschäftigten mit Hilfe eines Verteilungsgesetzes [23] auf die zur Verfügung stehende Wohnfläche aufgeteilt, wobei durch einen Rückkoppelungsmechanismus die Einhaltung maximaler Wohndichten gewährleistet wird.

In einem zweiten Schritt wird die Anzahl der zur Versorgung der Gesamtwohnbevölkerung erforderlichen Dienstleistungsbeschäftigten ermittelt und danach wiederum den Zonen zugeteilt. Dabei werden analog zum ersten Schritt minimale Versorgungsgrade sichergestellt.

In einem dritten Schritt wird anschliessend eine Flächenbilanzierung durchgeführt. Übersteigt dabei die von Wohnbevölkerung und Arbeitsplätzen belegte Fläche die gesamte Nutzfläche einer Zone, so werden wegen der genannten höchsten Priorität der Arbeitsplätze die zur Verfügung gestellten Wohnflächen reduziert und der Prozess beginnt in einer weiteren Iteration wieder beim ersten Schritt.

Um zu erreichen, dass der Prozess nach einer endlichen Anzahl von Iterationen das Allokationsproblem löst – falls dies durch die Ausgangsdaten überhaupt möglich ist – wird eine Reduktion des Flächenbedarfskoeffizienten für Dienstleistungsbeschäftigte dann zugelassen, wenn wegen der Nichtnegativitätsbedingung eine weitere Abnahme der Wohnfläche einer Zone nicht mehr möglich ist. Die geschilderten Zusammenhänge werden in Abbildung 1 verdeutlicht.

Zum Abschluss der kurzen Darstellung [24] des *Lowry*-Modells sei noch erwähnt, dass *R. A. Garin* [25] gezeigt hat, dass eine Formulierung des Modells in Matrixschreibweise möglich ist, und der Iterationsprozess „im Falle der Konvergenz [26] durch eine einfache Matrizenrechnung zu ersetzen ist" [27]. Nach dieser Modifikation, durch die die Zahl der Rechenschritte stark verringert werden konnte, bot dieses Modell nun Grundlage für viele späteren Entwicklungen [28].

An dieser Stelle muss nochmals betont werden, dass die *Lowry*-Nachfolgemodelle nicht mit diesem identisch sind, sondern lediglich sozusagen seine „Philosophie" übernommen haben. Gerade was die Verfeinerung der Verhaltensmuster – und damit einen zentralen Punkt der Betrachtung – sowie die Berücksichtigung weiterer städtebaulicher Funktionen (wie Verkehr, Infrastruktur, Ökologie) durch integrierte Teilmodelle betrifft, sind in den genannten Modellen wesentliche Fortschritte erzielt worden.

23 *I. S. Lowry* verwendet hier den einfachsten Gravitationsansatz, d. h. die Ströme von Arbeitsort zu Wohnort verhalten sich reziprok zu der Entfernung.

24 Für weitere Ausführungen vgl. *I. S. Lowry* (40), *M. Batty* (5) und *W. Popp* (54).

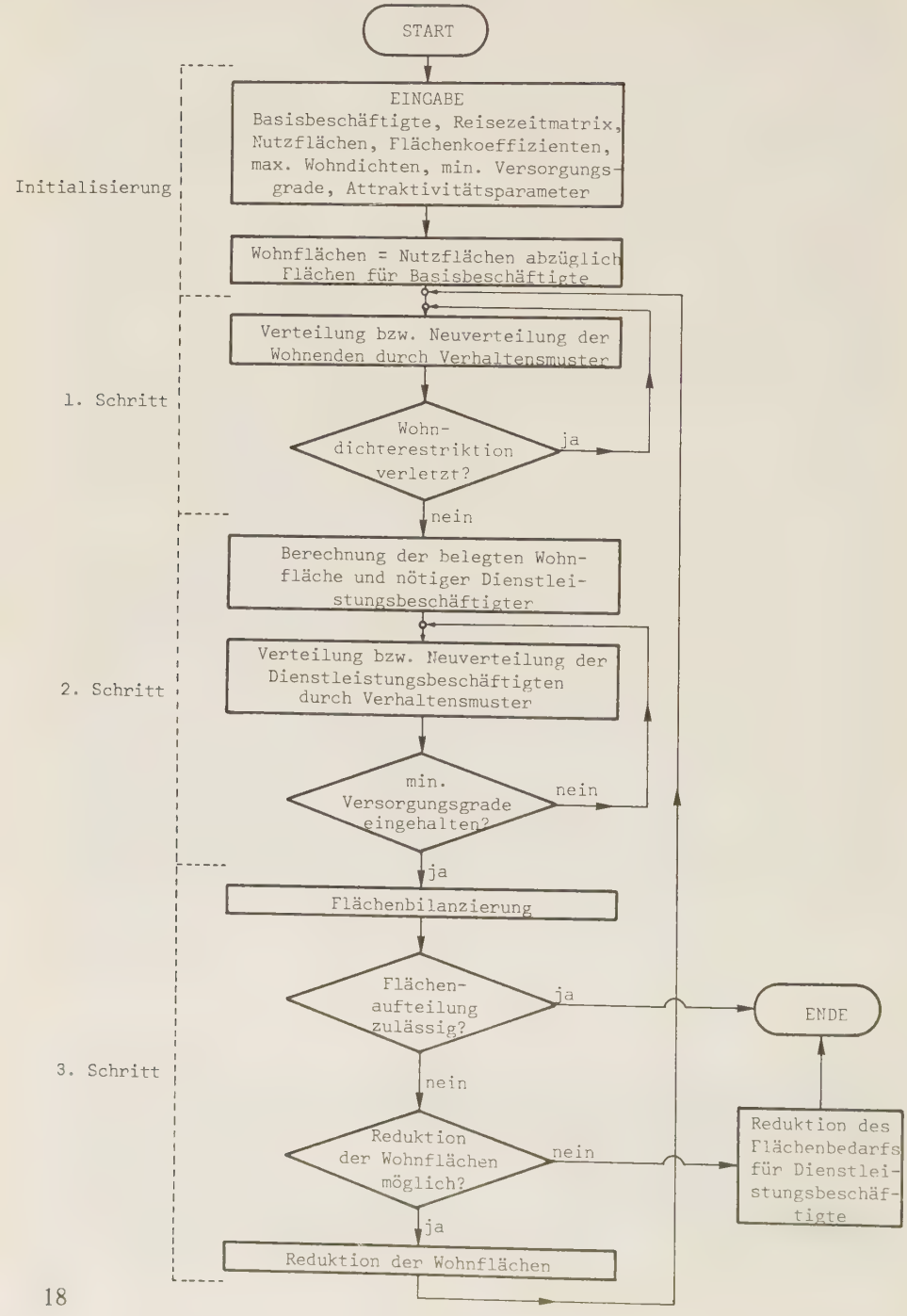
25 vgl. *R. A. Garin* (26).

26 Es lässt sich zeigen, dass Konvergenz unter einer für praktische Anwendungen wenig restriktiven Annahme gewährleistet ist.

27 *W. Popp* (54) S. 197.

28 vgl. Abschnitt 131.

Abbildung 1: Ablaufdiagramm des *Lowry*-Modells



2 Ein Simulationsmodell zur räumlichen Allokation der städtischen Grundfunktionen „Wohnen" und „Arbeiten"

21 Grundgedanken zum Aufbau

Ausgangspunkt der Überlegungen bilden die Modelle des *Lowry*-Typs. Wie bereits erwähnt, kann die Struktur solcher Modelle durch einen Prozess der Verteilung räumlich[1] vorzugebender Beschäftigter auf beliebig teilbaren, jedoch nur räumlich und nicht qualitativ[2] differenzierten Wohnraum beschrieben werden. Dabei kommen in aller Regel Verhaltensmuster zum Ansatz, die vollständige Substituierbarkeit der Einflussgrössen implizieren.

In der Realität muss man aber davon ausgehen, dass das oben genannte Postulat über den Wohnraum nicht verifiziert werden kann. Wohnraum ist nicht beliebig teilbar und sieht man von dem relativ bedeutungslosen Problem der Untermieter[3] ab, so ist als die kleinste Einheit die Wohnung anzusehen. In diesem Zusammenhang ist der Begriff Wohnung nicht im engen Sinne der amtlichen Statistik zu verstehen, sondern gewissermassen als Heimstätte selbständiger Haushalte.

Damit ist das Stichwort für die zweite Überlegung genannt. Man kann sinnvollerweise davon ausgehen, dass in der Realität nicht der einzelne Beschäftigte Wohnraum sucht, sondern eine Gruppe von Einzelpersonen – der sogenannte Haushalt[4] – als Nachfrager von Wohnungen auftritt. Dabei gilt es zu beachten, dass nicht jeder Haushalt mindestens einen Beschäftigten enthält[5].

An dieser Stelle ist es nun wichtig festzuhalten, dass die Betrachtung von Haushalten, anstelle von Beschäftigten und ihre Verteilung auf Wohnungen statt auf Wohnraum, nicht als reines Aggregationsproblem bezeichnet werden kann. Die Lösung dieser Fragestellung bedarf – und dies wird im folgenden noch darzustellen sein – teilweise anderer Strukturen, als sie von Modellen des *Lowry*-Typs bekannt sind.

1 vgl. Abschnitt 132.

2 Der Begriff „qualitativ" sei hier nicht im Sinne von Güte verstanden, sondern als Sammelbegriff aller nicht räumlichen Eigenschaften des Wohnraums.

3 In der Gebäude- und Wohnungszählung 1968 wurden in der Stadt Mannheim lediglich etwa 6 Prozent aller Wohnparteien als Untermieterwohnparteien ausgewiesen.

4 Im Rahmen dieser Arbeit wird der Begriff Haushalt im Sinne von privaten Haushalten verwendet, da der Entscheidungsfreiheit zur Wohnplatzwahl bei Personen in Anstalten in der Regel enge Grenzen gesetzt sind (so z. B. in Strafanstalten oder Alters- und Pflegeheimen). Die Unterstellung durchschnittlichen Verhaltens wäre hier sicher nicht angebracht.

5 Auswertungen der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 1969 haben ergeben, dass etwa 21 Prozent aller Haushalte dieser Gruppe zuzurechnen sind. Für weitere Ausführungen hierzu vgl. Kapitel 3.

Wurde bisher die Frage nach der Untersuchungseinheit – Haushalt und Wohnung – gestellt, so soll nun das Problem der Homogenität dieser Einheiten beleuchtet werden. Sieht man von der räumlichen Differenzierung ab, die auch im vorliegenden Modellansatz übernommen wird, so wurden in Modellen des *Lowry*-Typs sowohl Beschäftigte als auch Wohnraum in der Regel als homogene Einheiten betrachtet[6]. Diese Annahme ist jedoch eine sehr einschneidende Vergröberung des realen Systems.

Tatsächlich kann man davon ausgehen, dass sich neben anderen, in dieser Arbeit nicht betrachteten Kriterien, die Wohnungen hinsichtlich ihrer Grösse und Ausstattung und die Haushalte hinsichtlich ihrer Sozialklasse unterscheiden. Berücksichtigt man nun noch die triviale Tatsache, dass jeder Haushalt gewisse Ansprüche an seine Wohnung stellt, so sind als die drei wesentlichen Bausteine der Modellkonstruktion zu nennen:

a) *Haushalte* differenziert nach Sozialklassen,
b) *Wohnungen* gegliedert nach *Grösse* und *Ausstattung,*
c) *Qualitätsansprüche* der Haushalte an ihre Wohnung.

Wie im folgenden noch zu zeigen sein wird, kann mit diesen Bausteinen zwar ein Modell entwickelt werden, welches Aussagen über Sozialstrukturen und Wohnungsbelegungen zulässt; die Frage nach der Zuordnung von Arbeits- und Wohnplätzen[7] muss bis dahin jedoch wegen der mangelnden Disaggregation unbeantwortet bleiben. In einer zweiten Stufe wird dieses Problem, ausgehend von den Arbeitsplätzen einerseits und den nunmehr den Wohnungen zugeordneten Haushalten andererseits, zu lösen sein.

Die einzelnen Bausteine des Modells wurden bisher nur grob und isoliert skizziert, um den gedanklichen Hintergrund der Arbeit zu charakterisieren. Im folgenden Abschnitt werden sie nun durch die Formulierung von Verhaltensannahmen miteinander verknüpft und somit die eigentliche Modellstruktur erstellt.

22 Modellelemente und ihre Verknüpfungen

Um die Geschlossenheit der Darstellung sicherzustellen, wird in diesem Abschnitt lediglich auf die grundsätzliche Modellstruktur eingegangen. Notwendige Konkretisierungen werden im Rahmen der mathematischen Formulierung im nächsten Abschnitt erfolgen.

6 Der Basic-Nonbasic-Ansatz muss als ungenügende Lösung dieses Problems angesehen werden. Eine Berücksichtigung disaggregierter Beschäftigter und unterschiedlicher Wohnraumnutzungen führt in *Lowry*-Modellen in der Regel zu erheblichen Datenbeschaffungsproblemen, da die amtliche Statistik die zur Kalibrierung nötigen, detaillierten Pendlerzahlen nicht erfasst.

7 Die amtliche Statistik (der BRD) nennt solche Verknüpfungen „Berufspendler". Im Rahmen dieser Arbeit werden sie auch mit dem in der Schweiz gebräuchlichen Begriff „Arbeitspendler" bezeichnet.

In Anlehnung an die Modelle des *Lowry*-Typs ist eine in Zonen unterteilte Region im Sinne eines räumlich abgegrenzten Gebietes Ausgangspunkt der Überlegungen[8]. Die Zonen werden dabei ihrerseits durch jeweils einen Punkt – den sogenannten *Zonenmittelpunkt* – repräsentiert, was bedeutet, dass das Modell die geographische Fläche einer Zone auf einen Punkt und die Region auf eine endliche Menge von Punkten reduziert.

Die Wahl der Abgrenzung einer Zone sowie ihre Form ist grundsätzlich keiner Restriktion unterworfen, jedoch ist es wegen der Reduktion einer Zone auf ihren Mittelpunkt zweckmässig, möglichst homogene Zonen zu bilden. Bei praktischen Anwendungen zeigt es sich jedoch immer wieder, dass die Freiheit bei der Wahl der Zoneneinteilung in hohem Masse durch die Verfügbarkeit von Daten beschränkt wird. Im allgemeinen hat es sich als brauchbar erwiesen, die zu untersuchende Stadt – das sogenannte *Untersuchungsgebiet* – in relativ kleine Zonen aufzuteilen, um bei der Analyse der Modellergebnisse räumlich genügend differenzierte Aussagen machen zu können. Dieses Untersuchungsgebiet ist dann im Sinne eines geschlossenen Modells von einem Gürtel relativ grosser *Umlandzonen* zu umgeben, welche die gesamten Einflüsse von aussen wiedergeben.

Durch die Definition der Zonen ist somit eine weitere Dimension zur Unterscheidung der Wohnungen gegeben. Neben den genannten qualitativen Eigenschaften „Grösse" und „Ausstattung" wird aufgrund der Lokalisierung der Wohnungen eine Einteilung nach rein räumlichen Merkmalen, wie z. B. der Entfernung bzw. der Reisezeit zum Arbeitsplatz, zur Schule oder zu Erholungseinrichtungen möglich[9].

Diese räumlichen Merkmale sind dabei im Gegensatz zu den qualitativen nicht mehr von den Haushalten unabhängig, da sie erst bestimmt werden durch die Verknüpfung des Standortes der Wohnung mit dem Standort des für den jeweiligen Haushalt gültigen Arbeitsplatzes, der jeweils besuchten Schule[10] oder der jeweils bevorzugten Erholungseinrichtung.

Um Missverständnisse zu vermeiden, scheinen an dieser Stelle einige Erläuterungen zum Begriff Ausstattung angebracht. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird unter der Ausstattung einer Wohnung die Summe ihrer *bewerteten* qualitativen Eigenschaften, mit Ausnahme ihrer Grösse, verstanden. Über den engeren Sinn dieses Begriffes hinaus, werden damit auch die Umweltbedingungen erfasst. Wenn

8 vgl. Abschnitt 132.

9 Prinzipiell sind der Zahl und der Art solcher Faktoren keine Grenzen gesetzt. Um hier den Datenerfassungsaufwand in vertretbarem Umfang zu halten, wird in der praktischen Anwendung (und wegen der Klarheit auch in der mathematischen Modellformulierung) lediglich die Reisezeit zum Arbeitsplatz berücksichtigt. Dabei wird – ausgehend von der Erfahrung, dass Individuen Unterschiede in der Reisezeit nur in gewissen Intervallen wahrnehmen – die Reisezeitreaktion als diskrete Funktion von Fahrzeitklassen definiert.

10 Dies gilt lediglich für Schulen, bei denen der Haushalt eine Auswahl verschiedener Standorte frei treffen kann. Die Entfernung zur Primarschule wäre in diesem Sinne, wegen der auf dieser Schulstufe üblichen verwaltungsmässigen Zuordnung, als qualitatives Merkmal einer Wohnung aufzufassen.

auch die Flächenmiete als geeignete Messgrösse für diese Eigenschaften erscheint, so wird hier jedoch bewusst auf die Verwendung geläufiger Ausdrücke, wie Miete oder Preis, verzichtet, da mit diesen allgemein noch die Bewertung der Wohnungsgrösse im Sinne einer Gesamtmietzahlung assoziiert wird.

Nachdem die Wohnungen sowohl nach qualitativen, als auch nach räumlichen Merkmalen unterschieden werden können, bedarf es einer Annahme [11], nach welchen Gesichtspunkten ein Haushalt seine Wohnung auswählt.

Annahme 1 (A1)

Jeder Haushalt versucht vorrangig seine Ansprüche bezüglich der qualitativen Wohnungsmerkmale zu befriedigen; d. h. ein Haushalt berücksichtigt erst dann räumliche Faktoren, wenn sichergestellt ist, dass seine Ansprüche [12] bezüglich Ausstattung und Grösse der Wohnung erfüllt werden.

Man kann nun davon ausgehen, dass sich in einer realen Situation das bestehende Wohnungsangebot im allgemeinen weder hinsichtlich der Menge noch hinsichtlich der Sortierung [13] mit der seitens der Haushalte auftretenden Nachfrage genau deckt. Aus der Überlegung, dass ein Haushalt jedoch notwendigerweise eine (und nur eine) [14] Wohnung aus dem zur Verfügung stehenden Angebot suchen und finden muss, wird deutlich, dass ein Teil der Haushalte seine ursprünglichen Wohnungsansprüche nicht befriedigen kann.

Zur Beschreibung des dadurch notwendigen Anspruchsanpassungsprozesses erscheint die analoge Übernahme eines Begriffes aus der Entscheidungstheorie erfolgversprechend. So erscheint *C. E. Lindblom* [15] die „Strategie der unzusammenhängenden kleinen Schritte (disjointed incrementalism)" [16] als charakteristisch für das Problemlösungsverhalten des Individuums, d. h. „das Individuum erwägt lediglich kleine, „inkrementale" Änderungen, die sich vom gegenwärtigen Zustand nicht allzuweit entfernen" [17].

Überträgt man dieses Modell individuellen Entscheidungsverhaltens auf das vorliegende Problem der Anspruchsanpassung, so bedeutet dies, dass die Haushalte ihre Ansprüche nur in kleinen Schritten verändern und zwar so, dass die neue Bedürfniskonstellation möglichst in der Nähe der ursprünglichen liegt. Dies heisst konkret, dass ein Haushalt erst dann bereit ist, seine Ansprüche weiter zu ändern, wenn für

11 Zur Problematik von Annahmen in Idealmodellen vgl. die Ausführungen in Abschnitt 11.

12 Begriffe wie Ansprüche, Bedarf und Nachfrage werden im Rahmen dieser Arbeit synonym verwendet. Eine Unterscheidung erscheint für die Modellbildung weder möglich noch nötig. Zur Diskussion dieser Begriffe vgl. *D. Duwendag* (18) und *D. Duwendag* et al.(19) sowie die dort angegebene Literatur.

13 Unter Sortierung wird an dieser Stelle die Aufteilung der Zahl der Wohnungen nach ihren qualitativen Eigenschaften verstanden.

14 Zweitwohnungen werden wegen geringer Bedeutung vernachlässigt. 1968 betrug in der Stadt Mannheim der Anteil der Zweitwohnungen weniger als 1 Prozent.

15 vgl. *C. E. Lindblom* (39).

16 vgl. *C. E. Lindblom* (39) und *W. Kirsch* (35) S. 90.

17 *W. Kirsch* (35) S. 90.

alle anderen Kombinationen auf der gleichen Stufe keine Wohnungen mehr bereit stehen; d. h. er bewegt sich ringförmig um seine „Ausgangslösung" [18].

Durch die folgende Annahme kann dieser Anspruchsanpassungsprozess, der wegen (A1) lediglich die qualitativen Merkmale der Wohnung betrifft, vollständig definiert werden.

Annahme 2 (A2)

Kann ein Haushalt keine Wohnung finden, die seinen ursprünglichen Vorstellungen genügt, so wird er

a) seine Ansprüche mit der „Strategie der unzusammenhängenden kleinen Schritte" anpassen;
b) eine Erhöhung der Ansprüche einer Senkung vorziehen, sofern er einer höheren Sozialklasse angehört und umgekehrt, falls er einer niederen Sozialklasse angehört;
c) ungeachtet seiner Sozialklassenzugehörigkeit, eine Vergrösserung der Wohnung einer Erhöhung des Ausstattungsgrades vorziehen.

Der eigentliche Prozess der Anspruchsanpassung kann nun als ein Suchprozess beschrieben werden. Aufgrund von (A2) ist jeder Haushalt in der Lage, ausgehend von der ursprünglichen Bedarfskonstellation, für alle möglichen Grössen-Ausstattungskombinationen eine stark transitive Präferenzordnung, d. h. eindeutige Urteile über seine Präferenzen, anzugeben. Unter der wohl sinnvollen Annahme rationalen Verhaltens, d. h. in diesem Falle das Vorziehen einer nach dieser Präferenzstruktur höher bewerteten Wohnung vor einer schlechteren, wird ein Haushalt seine Ansprüche also solange auf die beschriebene Weise anpassen, bis wenigstens eine Wohnung der neuerlich gewünschten Merkmalskombination zur Verfügung steht.

Für den Fall, dass mehrere räumlich differenzierte Wohnungen zur Auswahl stehen, wird sich der Haushalt wegen (A1) nach Massgabe der räumlichen Faktoren entscheiden.

Damit ist die erste Modellstufe – die Allokation der Haushalte – abgeschlossen.

Aufbauend auf dieser Wohnplatzfestlegung, werden danach in einer zweiten Stufe die Arbeitsplatz-Wohnplatzbeziehungen, d. h. die Berufspendlerströme, simuliert. Die Verbindung beider Modellstufen kann durch eine weitere Annahme hergestellt werden.

Annahme 3 (A3)

Der einem Haushalt zugeordnete Arbeitsplatz wird durch den Arbeitsplatz eines und nur eines Haushaltsmitgliedes [19] repräsentiert.

18 vgl. Schritt 4 in Abschnitt 233.

19 In diesem Zusammenhang wurde bewusst auf die Verwendung des Begriffes „Haushaltungsvorstand" verzichtet, um jede geschlechtsspezifische Fehlinterpretation zu vermeiden. Das hier angesprochene Haushaltsmitglied ist lediglich dadurch ausgezeichnet, dass sich der Haushalt bei seiner Wohnplatzwahl nach dessen Arbeitsplatz richtet.

Dies bedeutet, dass die in der ersten Stufe ermittelte Haushalts-Wohnungsbeziehung gleichzeitig die Arbeitsplatz-Wohnplatzverknüpfung eines Haushaltsmitgliedes darstellt. Für alle übrigen Erwerbstätigen muss nun, ausgehend von ihrem Wohnplatz, ein Arbeitsplatz gesucht werden.

Hierbei könnten prinzipiell der ersten Stufe ähnliche Anpassungsprozesse unterstellt werden. Im Rahmen dieser Arbeit finden jedoch lediglich Reisezeitreaktionen Berücksichtigung. Diese Beschränkung resultiert aus der bereits an anderer Stelle angesprochenen Notwendigkeit, den Datenbeschaffungsaufwand für eine solche Arbeit in vernünftigen Grenzen zu halten.

Diese Bemerkungen sollen zur Darstellung der wesentlichen Modellelemente und ihrer Verknüpfungen genügen. Die detaillierte mathematische Formulierung des Modells ist Gegenstand des nachfolgenden Abschnittes.

23 Mathematische Formulierung des Modells

231 Übersicht

Die mathematische Formulierung kann grundsätzlich in vier Teile aufgegliedert werden:

a) Die Disaggregierung der Haushalte, die im strengen Sinne nicht dem eigentlichen Modell zugerechnet werden kann, da kein Verhalten simuliert wird. Aufgabe dieses Teils ist es lediglich, vorhandene Daten so aufzubereiten, dass sie den Ansprüchen des Modells genügen. Es ist nun jedoch ein erklärtes Ziel dieser Arbeit, die Dateneingabe im wesentlichen auf vorhandenes statistisches Material (der amtlichen Statistik) zu beschränken, was eine Abhandlung dieses Teils im Rahmen der Modellformulierung rechtfertigt.
b) Die Allokation der Haushalte (erste Modellstufe).
c) Die Allokation der Haushaltsmitglieder (zweite Modellstufe).
d) Die Ergebnisauswertung, die ebenso wie die Disaggregierung der Haushalte im strengen Sinne nicht als Modellteil betrachtet werden kann. Um eine inhaltliche Geschlossenheit der Darstellung zu erreichen, wird auch dieser Teil im Rahmen der mathematischen Formulierung beschrieben.

Gegeben sei eine geographische Fläche (Region), die in N^* disjunkte Zonen unterteilt ist. Dabei stellen N^u Zonen das eigentliche Untersuchungsgebiet (d. h. die Stadt) dar; die restlichen N^r Zonen bilden das Umland im Sinne eines geschlossenen Modells.

Es gilt somit:

(1) $N^* = N^u + N^r$

Da nun nicht in allen Haushalten notwendigerweise ein Mitglied erwerbstätig ist[20], wegen (A3) jedoch der Arbeitsplatz eines Haushaltsmitgliedes für den gesamten Haushalt massgebend ist, wird die Zonenzahl um eine fiktive Zone erweitert, die sozusagen den Arbeitsplatz eines solchen Haushaltes repräsentiert. Damit kann für jeden Haushalt, d. h. auch für einen Rentnerhaushalt, der für die Wohnplatzwahl relevante Arbeitsplatz angegeben werden.

Für die Gesamtzonenzahl N gilt somit:

$$(2) \quad N = N^* + 1 = N^u + N^r + 1$$

Ein solcher Ansatz lässt im Prinzip eine Gleichbehandlung beider Haushaltstypen zu. Auf den Unterschied wird im folgenden – sofern nichts anderes erwähnt – nicht mehr eingegangen.

Zur Vereinfachung der formalen Darstellung des Modellablaufes wird folgende Vereinbarung über die Bedeutung von Indices getroffen:

Der Index i kennzeichnet immer die Wohnzone, j die Arbeitszone, s die Sozialklasse, k die Ausstattungsklasse (Komfortklasse) einer Wohnung und g ihre Grössenklasse.

Der Wertebereich dieser Indices ist durch die Indexmengen $N = \{1, 2, \ldots, N\}$, $N^* = \{1, 2, \ldots, N^*\}$, $S = \{1, 2, \ldots, S\}$, $K = \{1, 2, \ldots, K\}$ und $G = \{1, 2, \ldots, G\}$ definiert, wobei mit S die maximale Anzahl an Sozialklassen und mit K, bzw. G, die maximale Anzahl an Wohnungsausstattungs- bzw. Grössenklassen bezeichnet ist.

Als weitere Vereinfachung wird vereinbart, dass im folgenden – sofern nichts anderes erwähnt – auf die Angabe des Wertebereiches verzichtet wird, wobei auf der ersten Modellstufe den Indices i, j die Menge N[21] und auf der zweiten Stufe die Menge N^* zugeordnet ist. Damit kann auch die Angabe der Summationsgrenzen entfallen.

Es seien nun für alle Zonen i und j folgende Daten bekannt:

a) Das Angebot an Wohnungen W_{ikg}, wobei für alle k und g gilt:

$$(3) \quad W_{ikg} \begin{cases} = 0 & \text{für} \quad i = N \\ \geqslant 0 & \text{für} \quad i \neq N \end{cases}$$

20 Dieser Teil der Haushalte wird im folgenden vereinfachend als Rentnerhaushalte bezeichnet, obwohl diese Gruppe als Komplementärmenge zu den sogenannten Erwerbshaushalten dadurch definiert ist, dass kein Mitglied Einkommen aus Erwerbstätigkeit bezieht. Über die Altersrente hinaus beinhaltet dies z. B. auch Erträge aus eigenem Vermögen, Einkommen aus Vermietung oder Verpachtung sowie den Bezug von Stipendien, Arbeitslosengeld oder Sozialhilfe. Für die vollständige amtliche Definition vgl. Abschnitt 322.

21 Der oben eingeführten fiktiven Zone ist dabei stets die Ordnungsnummer N zugeordnet.

b) Die Reisezeit D_{ij} (in Klassen) von Wohnort i zu Arbeitsort j [22].

c) Die Zahl der Arbeitsplätze Z_j, wobei Z_N in Abweichung von der Definition, die Gesamtzahl der Rentner [23] in der Region bezeichnet.

Neben diesen zonal differenzierten Grössen sei gesamthaft für die Region bekannt:

a) Für alle Sozialklassen s, die durchschnittliche Anzahl von Erwerbstätigen Q_s^e und die durchschnittliche Haushaltsgrösse G_s^e eines Erwerbshaushaltes (der Sozialklasse s) sowie, analog hierzu, die durchschnittliche Anzahl von Rentnern Q_s^r und die durchschnittliche Haushaltsgrösse G_s^r eines Rentnerhaushaltes [24] (der Sozialklasse s).

b) Die Widerstandsfunktionen $f_{\delta(j)}(D_{ij})$ [25], welche die Reaktionen der Haushalte (und der einzelnen Individuen) auf die Reisezeiten wiedergeben.

Über die bislang genannten Daten hinaus ist in dieser ersten Stufe noch für alle j, s, k und g die exogene Eingabe der Zahl H_{jskg} der Haushalte, denen ein Arbeitsplatz [26] in Zone j zugeordnet ist, die einer Sozialklasse s angehören und die an ihre Wohnung bezüglich der qualitativen Eigenschaften die Ansprüche k und g stellen, erforderlich.

Da diese Werte in der Regel nicht direkt der amtlichen Statistik zu entnehmen sind, muss der ersten Modellstufe der bereits genannte Datenaufbereitungsteil zur Disaggregation der Haushalte vorgeschaltet werden.

232 Disaggregation der Haushalte

Wie eben erwähnt, dient dieser Modellteil lediglich der Bereitstellung der nach Zonen, Sozialklassen, Wohnungsausstattungs- und Grössenwünschen unterteilten

22 In der Regel wird dabei für alle i und j

$$D_{iN} = \text{const}$$

und

$$D_{Nj} = \text{const}$$

gesetzt. Von dieser Vorgehensweise kann jedoch abgewichen werden, um in bestimmten Zonen die Ansiedlung von Rentnerhaushalten zu erleichtern oder zu erschweren.

23 Der Begriff Rentner wird analog zum Begriff Rentnerhaushalt verwendet und bezeichnet neben den Rentnern im engeren Sinne alle Personen, die in den früher definierten Rentnerhaushalten leben und über eigenes Einkommen verfügen, d. h. sie verfügen über Einkommen, das nicht einer Erwerbstätigkeit entstammt.

24 In Erwerbshaushalten lebende Rentner werden nicht explizit behandelt. Sie können jedoch durch Zuschläge bei Q_S^e und entsprechende Abschläge bei Q_S^r Berücksichtigung finden.

25 Um das Modell flexibel zu halten, unterschiedliche Reaktionen einzubeziehen, werden anstatt einer globalen Widerstandsfunktion eine Anzahl partieller Funktionen zugelassen. Dabei wird der Begriff „partielle Funktion" in dem Sinne gebraucht, dass eine solche Widerstandsfunktion jeweils nur für eine bestimmte Menge von Arbeitszonen Gültigkeit besitzt. Die Zuordnung wird dabei durch die Abbildung $\delta(j)$ bestimmt, die somit auch als exogene Dateneingabe betrachtet werden muss.

26 Wegen (A3) ist dies der Arbeitsplatz eines und nur eines Haushaltsmitgliedes.

Haushalte. Können diese exogen vorgegeben werden, so erübrigt sich natürlich eine Berechnung.

Da im später zu beschreibenden Computerprogramm[27] mehrere Eingabevarianten vorgesehen sind, soll an dieser Stelle lediglich die Variante beschrieben werden, welche die wenigsten exogenen Daten erfordert.

Gegeben seien die Gewichte[28] $h^e(s)$ der Sozialklassen der Erwerbshaushalte, $h^r(s)$ der Sozialklassen der Rentnerhaushalte, $h_s(k)$ der Ausstattungswünsche für jede Sozialklasse und $\tilde{h}_s(g)$ der Bedürfnisse nach Wohnungsgrösse für jede Sozialklasse sowie die bereits definierten Grössen Z_j, Q^e_s und Q^r_s für alle j und s.

Wegen (A3) gilt nun für alle j, s, k und g:

$$(4) \quad H_{jskg} = \begin{cases} Z_j \cdot h^e(s) \cdot h_s(k) \cdot \tilde{h}_s(g) \cdot \dfrac{1}{Q^e_s} & \text{für} \quad j \neq N \\ Z_j \cdot h^r(s) \cdot h_s(k) \cdot \tilde{h}_s(g) \cdot \dfrac{1}{Q^r_s} & \text{für} \quad j = N \end{cases}$$

Aus Beziehung (4) lassen sich nun alle anderen möglichen Eingabevarianten ableiten. Sei es, dass durch Vorgabe der Beschäftigten nach Sozialklassen (Z_{js}) die Ausdrücke $Z_j \cdot h^e(s)$ bzw. $Z_j \cdot h^r(s)$ ersetzt werden können, oder dass durch die Ablehnung der Unabhängigkeitsannahme bezüglich der Ausstattungs- und Wohnungsgrössenwünsche die Gewichte $h_s(k)$ und $\tilde{h}_s(g)$ durch $h_s(k, g)$ abgelöst werden, oder dass durch die Vorgabe der Zahl der Haushalte (H_j) die Ausdrücke $\frac{1}{Q^e_s} Z_j$ bzw. $\frac{1}{Q^r_s} Z_j$ entfallen[29].

Nach Ermittlung der jeweiligen Anzahl der Haushalte liegen alle erforderlichen Modelleingabedaten vor, so dass die eigentlichen Modellrechnungen begonnen werden können.

233 Allokation der Haushalte

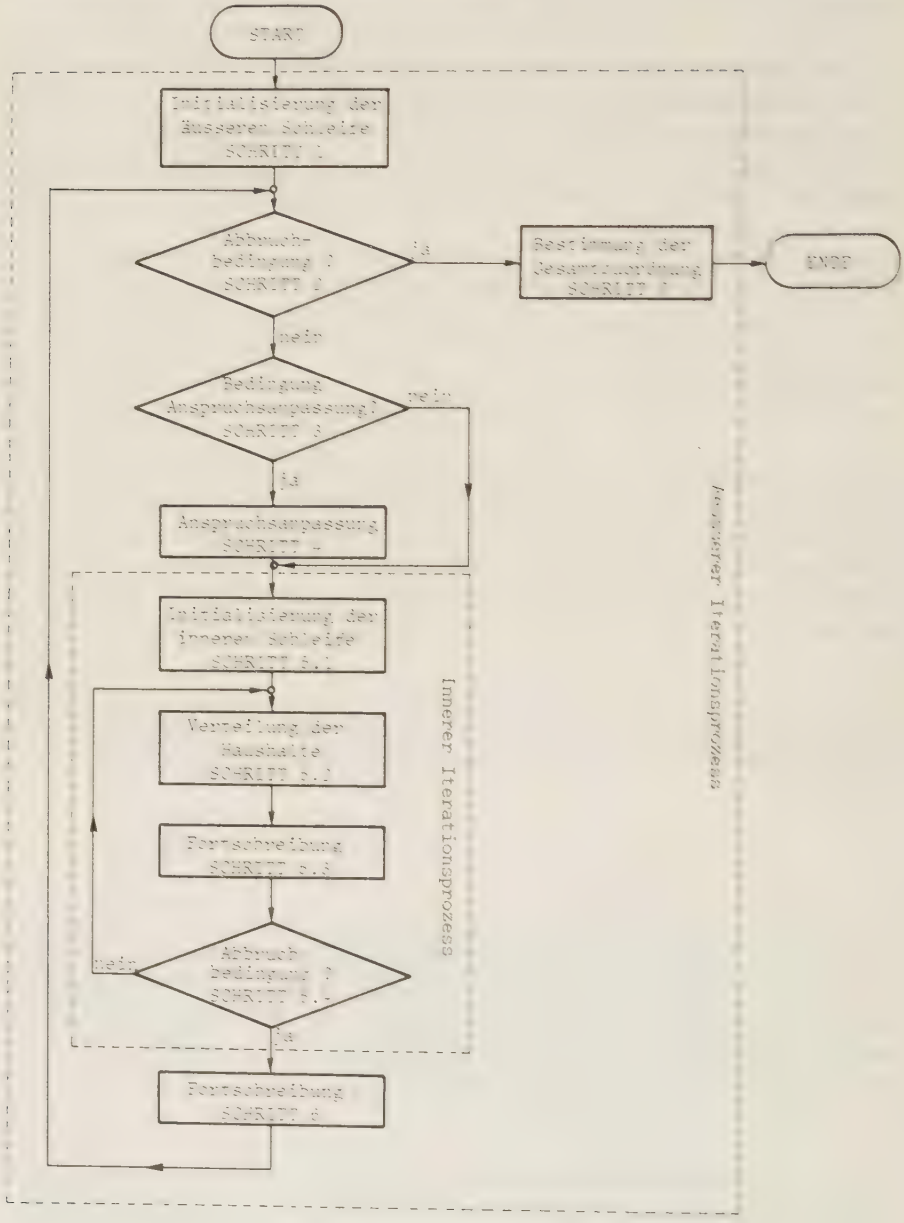
Zum besseren Verständnis sei der mathematischen Formulierung der ersten Modellstufe ein vereinfachtes Ablaufdiagramm vorausgestellt. Aus Abbildung 2 wird deutlich, dass die Allokation der Haushalte in Form zweier, ineinander verschachtelter Interationsprozesse beschrieben werden kann. Die einzelnen Schritte dieses Ablaufes sollen Gegenstand der weiteren Ausführungen sein.

27 vgl. die Benutzeranleitung im Anhang.

28 Diese Gewichte sind im Sinne relativer Häufigkeiten zu verstehen, für welche gilt, dass ihre Summe eins ergibt.

29 Im Computerprogramm ist jede dieser Eingabevarianten vorgesehen (vgl. die Benutzeranleitung im Anhang).

Abbildung 2: Ablaufdiagramm der ersten Modellstufe



Schritt 1: Initialisierung

Vor Beginn des äusseren Iterationsprozesses müssen alle einbezogenen Variablen mit einem Anfangswert versehen werden. Bezeichnet man mit m die laufende Nummer der Iteration und somit mit W^m_{ikg} die Anzahl der Wohnungen mit den Merkmalen i, k und g, die in der Iteration m noch zur Verfügung stehen, mit H^m_{jskg} analog die Anzahl der Haushalte, die in der Iteration m verteilt werden sollen, so wird für die Initialisierung vereinbart:

(5) $W^1_{ikg} = W_{ikg}$

und

(6) $H^1_{jskg} = H_{jskg}$

für alle i, j, s, k und g.

Die Beziehungen (5) und (6) besagen also lediglich, dass zu Beginn des Iterationsprozesses noch alle Einheiten zur Verfügung stehen.

Schritt 2: Prüfen der Abbruchbedingung des äusseren Iterationsprozesses

Der Prozess wird abgebrochen – und die erste Modellstufe nach Bestimmung der Gesamtzuordnung in Schritt 7 beendet – wenn entweder keine Wohnungen mehr zur Verfügung stehen, oder bereits für alle Haushalte entsprechende Wohnungen gefunden wurden, d. h. wenn wenigstens eine der beiden folgenden Beziehungen für ein bestimmtes $\bar{m}$ erfüllt ist:

(7) $\sum_{i\,k\,g} W^{\bar{m}}_{ikg} = 0$

(8) $\sum_{j\,s\,k\,g} H^{\bar{m}}_{jskg} = 0$

Ist nun keine der Bedingungen (7) und (8) erfüllt, so wird in Schritt 3 geprüft, ob eine Anspruchsanpassung nötig wird.

Schritt 3: Prüfen der Anspruchsanpassungsbedingung

Wegen (A1) muss ein Haushalt seine Wohnungswünsche dann anpassen, wenn in der Region keine Wohnung zur Verfügung steht, die seinen Ansprüchen bezüglich der qualitativen Eigenschaften genügt.
Mathematisch kann dies wie folgt beschrieben werden:

Für jede Kombination (k, g), für die gilt:

(9) $\sum_i W^m_{ikg} = 0$

und

(10) $\sum_j \sum_s H^m_{jskg} > 0$

erfolgt in Schritt 4 eine Anspruchsanpassung.

Schritt 4: Anspruchsanpassung

Wie schon in Abschnitt 22 beschrieben wurde, lässt sich die Anspruchsanpassung als Suchprozess formulieren, in dem ein Haushalt – zur Realisierung seiner Wohnungswünsche – alle möglichen Konstellationen nach Massgabe seiner Präferenzvorstellungen bewertet.

Wegen (A2) ist der Haushalt in der Lage, je nach seiner Zugehörigkeit zu einer bestimmten Sozialklasse, ausgehend von einer Bedarfskonstellation (k, g), alle übrigen Kombinationen $(\tilde{k}, \tilde{g})$ stark transitiv zu ordnen [30].

Zur Erleichterung der formalen Darstellung der Präferenzordnung ist es zweckmässig, die Hilfsindices t und v einzuführen. Die zugehörigen Indexmengen sind dabei definiert durch $T = \{1, 2, \ldots, \text{Max (K, G)}\}$, $V^0 = \{0, 1, \ldots, 2t\}$ und $V^1 = V^0 - \{0\}$. Darüber hinaus sei mit S^h die Teilmenge von S bezeichnet, welche die höheren Sozialklassen repräsentiert.

Da der Haushalt wegen (A2) seine ursprüngliche Bedarfskonstellation (k, g) jeder anderen Konstellation $(\tilde{k}, \tilde{g})$ vorzieht, gilt für alle $\tilde{k} \epsilon K$ und $\tilde{g} \epsilon G$ die folgende Präferenzbeziehung:

(I) $\Pi_{k,g} \rangle \Pi_{\tilde{k},\tilde{g}}$

für $\tilde{k} \neq k$ und $\tilde{g} \neq g$. [31]

Weiterhin gelten wegen (A2) im Falle $s \epsilon S^h$ für alle $t \epsilon T$ die folgenden Präferenzbeziehungen:

30 Die Aussage, dass ein Entscheidungssubjekt alle möglichen Ergebnisse vollständig stark transitiv zu ordnen vermag, kann dahingehend präzisiert werden, dass eine Präferenzrelation $\rangle$ auf einer Menge E der möglichen Ergebnisse e mit folgenden Eigenschaften gegeben ist:

(a) Für je zwei Ergebnisse $e_1, e_2 \epsilon E$ gilt entweder $e_1 \rangle e_2$ oder $e_2 \rangle e_1$ (Vollständigkeit der Ordnung).

(b) Wenn $e_1 \rangle e_2$ und $e_2 \rangle e_3$ so gilt $e_1 \rangle e_3$ (Transitivität der Präferenzrelation).

(c) Aus $e_1 \rangle e_2$ folgt, dass nicht gilt $e_2 \rangle e_1$ (Konsistenz der Präferenzrelation).

vgl. *W. Kirsch* (35) S. 30 ff. und *G. Gaefgen* (25) S. 144 ff.

31 Allgemein ausgedrückt bedeutet $\Pi_{q,t} \rangle \Pi_{q^*,t^*}$ $(q, q^* \epsilon K; t, t^* \epsilon G)$, dass ein Haushalt eine Wohnung mit den Merkmalen (q, t) einer Wohnung mit den Merkmalen (q*, t*) vorzieht. Das griechische Symbol Π wird dabei zur besseren Unterscheidung gegenüber den üblicherweise mit lateinischen Grossbuchstaben bezeichneten Variablen verwendet.

(II) $\Pi_{k,g} \quad \underbrace{\rangle \Pi_{k-t+v,g+t} \quad \rangle \Pi_{k+t,g-t+v} \quad \rangle \Pi_{k-t+(v+1),g+t}}_{\text{für alle } v \in V^1}$

(III) $\Pi_{k+t,g-t+(2t)} \quad \underbrace{\rangle \Pi_{k-t,g+t-v} \quad \rangle \Pi_{k+t-v,g-t} \quad \rangle \Pi_{k-t,g+t-(v+1)}}_{\text{für alle } v \in V^0}$

(IV) $\Pi_{k+t-(2t),g-t} \quad \underbrace{\rangle \Pi_{k-(t+1)+v,g+(t+1)} \quad \rangle \Pi_{k+(t+1),g-(t+1)+v} \quad \rangle \Pi_{k-(t+1)+(v+1),g+(t+1)}}_{\text{für alle } v \in V^1}$

(V) $\Pi_{k+(t+1),g-(t+1)+2(t+1)} \quad \underbrace{\rangle \Pi_{k-(t+1),g+(t+1)-v} \quad \rangle \Pi_{k+(t+1)-v,g-(t+1)} \quad \rangle \Pi_{k-(t+1),g+(t+1)-(v+1)}}_{\text{für alle } v \in V^0}$

Im Falle $s \notin S^h$ gelten analoge Präferenzbeziehungen, wobei lediglich die Blöcke (III) bzw. (V) den Blöcken (II) bzw. (IV) vorgezogen werden [32].

Zur Verdeutlichung dieser Beziehungen wird in Abbildung 3 ein Beispiel einer solchen vollständigen, stark transitiven Präferenzordnung gegeben.

Wegen der Annahme rationalen Verhaltens, passt ein Haushalt seine Ansprüche nach Massgabe der Präferenzordnung solange an, bis seiner Nachfrage zum ersten Mal ein positives Angebot gegenübersteht, d. h. bis zum ersten Mal gilt [33]

$$(11) \quad \sum_i W_{ik^*g^*} > 0$$

Da die ursprüngliche Anspruchskombination (k, g) in k*, g*) geändert wurde, müssen nun noch die Haushaltszahlen entsprechend fortgeschrieben werden. Bezeichnet man mit $\tilde{H}^m_{jskg}$ die Zahl der Haushalte nach der Anspruchsanpassung, so wird für alle j und s zunächst

$$(12) \quad \tilde{H}^m_{jsk^*g^*} = H^m_{jsk^*g^*} + H^m_{jskg}$$

und danach

$$(13) \quad H^m_{jskg} = 0$$

und

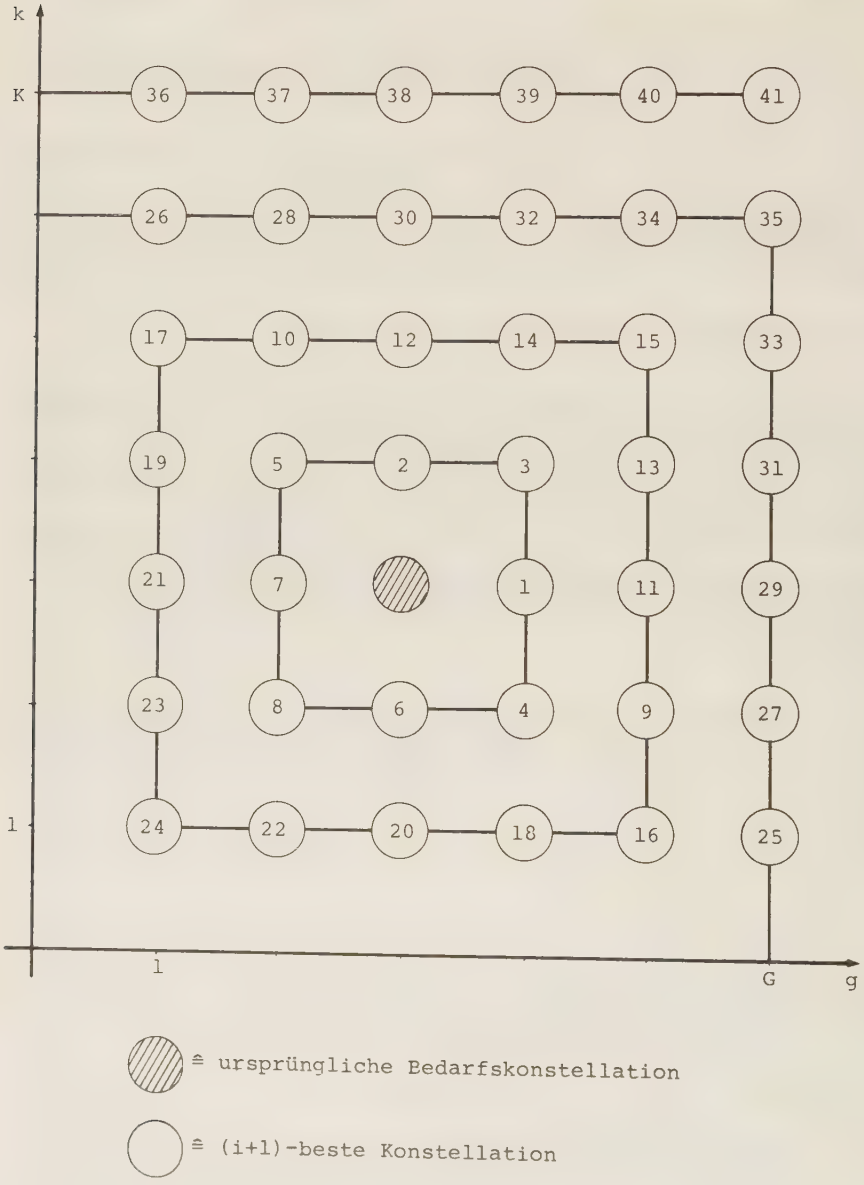
$$(14) \quad \tilde{H}^m_{jskg} = 0$$

gesetzt.

32 d. h. eine Senkung der Ansprüche wird einer Erhöhung vorgezogen. Eine Erhöhung der Ansprüche ist dabei definiert als $k-\tilde{k}+g-\tilde{g} > 0$.

33 Da die Abbruchbedingung (7) nicht erfüllt ist und für alle Variablen die Nichtnegativitätsbedingung gilt, existiert wenigstens eine solche Kombination (k*, g*).

Abbildung 3: Beispiel einer Präferenzordnung für Haushalte der oberen Sozialklassen



Da Schritt 4 für alle Kombinationen (s, k, g) wiederholt wird, für welche die Beziehungen (9) und (10) gelten, in allen anderen Fällen jedoch für alle j

$$(15)\quad \tilde{H}_{jskg} = H_{jskg}$$

gesetzt wird, gilt nach Abschluss der Anspruchsanpassung für alle k und g:

$$(16)\quad \sum_j \sum_s \tilde{H}^m_{jskg} \quad \begin{cases} > 0 & \text{für } \sum_i W^m_{ikg} > 0 \\ = 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

An dieser Stelle ist gewährleistet, dass nunmehr kein Haushalt existiert, für dessen qualitative Wohnungsansprüche in der Region kein Angebot vorliegt. Somit kann wegen (A1) die Zuordnung der Haushalte nach räumlichen Faktoren erfolgen.

Schritt 5: Räumliche Zuordnung der Haushalte

In Anlehnung an die Überlegungen *Lowry's*[34] wird diese Verteilung als iterativer Prozess formuliert, d. h. in den eigentlichen Modellablauf wird eine zweite Rückkoppelungsschleife integriert[35]. Dieses Vorgehen ist zur Einhaltung der Wohnrestriktion erforderlich, da durch Schritt 4 zwar gewährleistet wird, dass einer positiven Nachfrage ein positives Angebot gegenübersteht, ein Ausgleich der Höhe nach jedoch nicht notwendigerweise gegeben sein muss.

Die Zuordnung erfolgt nach einem Verhaltensmuster, das – wie schon im Abschnitt 22 erwähnt – die Reisezeit zwischen Arbeitsplatz und Wohnplatz als einzige Einflussgrösse und die freien Wohnkapazitäten als zusätzliche Gewichte berücksichtigt.

Schritt 5.1: Initialisierung des inneren Iterationsprozesses

Bezeichnet man mit w den Index für den inneren Iterationsprozess und kennzeichnet man die zur Verteilung anstehenden Haushalte und Wohnungen mit diesem Index ($\tilde{H}^{mw}_{jskg}$, W^{mw}_{ikg}), so kann man wie in Schritt 1 schreiben:

$$(17)\quad W^{m1}_{ikg} = W^m_{ikg}$$

und

$$(18)\quad \tilde{H}^{m1}_{jskg} = \tilde{H}^m_{jskg}$$

für alle i, j, s, k und g.

34 vgl. Abschnitt 132.
35 vgl. Abbildung 2.

Schritt 5.2: Verteilung der Haushalte

Bezeichnet man mit $\bar{P}^{mw}_{ijskg}$ die Zahl der Haushalte[36] mit den Merkmalen j, s, k und g, denen in der inneren Iteration w *vor* Berücksichtigung der Wohnrestriktion in Zone i eine Wohnung zugeordnet wurde und mit $\tilde{P}^{mw}_{ijskg}$ die analoge Grösse *nach* Berücksichtigung der Restriktion, so lässt sich der Verteilungsprozess wie folgt beschreiben.

Bei der Zuordnung der jeweils noch auf Wohnzonen zu verteilenden Haushalte $\tilde{H}^{mw}_{jskg}$ ist neben dem verfügbaren Angebot an Wohnungen W^{mw}_{ikg} auch die in den Funktionen $f_{\delta(j)}(D_{ij})$ zum Ausdruck kommende Reaktion der Haushalte auf Reisezeiten zu berücksichtigen. Diesen Anforderungen genügt der folgende Verteilungsansatz

$$(19)\quad \bar{P}^{mw}_{ijskg} = \frac{W^{mw}_{ikg} \cdot f_{\delta(j)}(D_{ij})}{\sum_i [W^{mw}_{ikg} \cdot f_{\delta(j)}(D_{ij})]} \quad \tilde{H}^{mw}_{jskg}$$

für alle i, j, s, k und g. Wie man unmittelbar erkennt, gilt unter diesen Voraussetzungen

$$(20)\quad \sum_i \bar{P}^{mw}_{ijskg} = \tilde{H}^{mw}_{jskg}$$

für alle j, s, k und g, was gleichbedeutend damit ist, dass tatsächlich alle Haushalte auf Wohnzonen verteilt werden.

Damit ist jedoch noch nicht gewährleistet, dass die der Wohnzone i zugewiesene Zahl der Haushalte $\bar{P}^{mw}_{ijskg}$ der Wohnrestriktion genügt, d. h. die Bedingung

$$(21)\quad \sum_j \sum_s \bar{P}^{mw}_{ijskg} \leqslant W^{mw}_{ikg}$$

für alle i, k und g erfüllt.

Aus diesem Grund wird für alle i, k und g ein „Überschussfaktor"

$$(22)\quad a^{mw}_{ikg} = \frac{\sum_j \sum_s \bar{P}^{mw}_{ijskg} - W^{mw}_{ikg}}{\sum_j \sum_s \bar{P}^{mw}_{ijskg}}$$

36 Das Symbol P wird verwendet, um zu betonen, dass auch die in der ersten Modellstufe ermittelten Grössen wegen (A3) Teil der (Berufs-)*P*endlerbeziehungen sind.

eingeführt und die endgültige Verteilung der Haushalte nach der folgenden Vorschrift vorgenommen:

$$(23)\quad \tilde{P}^{mw}_{ijskg} = \begin{cases} (1-a^{mw}_{ikg})\,\bar{P}^{mw}_{ijskg} & \text{für } a^{mw}_{ikg} > 0 \\ \bar{P}^{mw}_{ijskg} & \text{sonst} \end{cases}$$

für alle i, j, s, k und g.

Für die Grössen $\tilde{P}^{mw}_{ijskg}$ gilt dann wegen (20), (22) und (23)

$$(24)\quad \sum_i \tilde{P}^{mw}_{ijskg} \leqslant \tilde{H}^{mw}_{jskg}$$

für alle j, s, k und g sowie

$$(25)\quad \sum_j \sum_s \tilde{P}^{mw}_{ijskg} \leqslant W^{mw}_{ikg}$$

für alle i, k und g. Anschaulich bedeutet dies, dass einerseits nicht mehr Haushalte auf Wohnzonen verteilt werden als tatsächlich noch zu verteilen sind, und dass andererseits für jede Wohnzone die Zahl der dieser Zone zugeteilten Haushalte, die Anzahl der dort noch verfügbaren Wohnungen nicht übersteigt.

Schritt 5.3: Fortschreibung

Da wegen (A1) alle Haushalte mit einer bestimmten Bedarfskonstellation auf das in dieser Kategorie in der gesamten Region vorhandene Angebot verteilt werden müssen, können die erforderlichen Grössen für die jeweils nächste Iterationsrunde wie folgt bestimmt werden:

$$(26)\quad \tilde{H}^{m(w+1)}_{jskg} = \tilde{H}^{mw}_{jskg} - \sum_i \tilde{P}^{mw}_{ijskg}$$

für alle j, s, k und g sowie

$$(27)\quad W^{m(w+1)}_{ikg} = W^{mw}_{ikg} - \sum_j \sum_s \tilde{P}^{mw}_{ijskg}$$

für alle i, k und g.

Schritt 5.4: Prüfen der Abbruchbedingung

Die Schritte 5.2 und 5.3 werden solange wiederholt, bis für ein bestimmtes $\bar{w}$, für jede mögliche Kombination (k, g), wenigstens eine der beiden Abbruchbedingungen

$$(28)\quad \sum_j \sum_s \tilde{H}^{m\bar{w}}_{jskg} = 0$$

$$(29)\quad \sum_i W^{m\bar{w}}_{ikg} = 0$$

erfüllt ist. Der Verteilungsprozess gilt dann als beendet. Nach Abbruch dieses Prozesses ist für die Iteration m die Zuordnung bestimmt. Die äussere Schleife kann mit der Fortschreibung im Schritt 6 beendet werden.

Schritt 6: Fortschreibung der äusseren Prozesschleife

Ist die m–te Iteration abgeschlossen, so kann die (m+1)–te Iteration nach der Fortschreibung mit Schritt 2 begonnen werden.

Zur Fortschreibung wird folgendermassen verfahren:

$$(30)\quad \tilde{P}^{m}_{ijskg} = \sum_{t=1}^{\bar{w}} \tilde{P}^{mt}_{ijskg}$$

für alle i, j, s, k und g,

$$(31)\quad \tilde{H}^{m+1}_{jskg} = \tilde{H}^{m}_{jskg} - \sum_{i} \tilde{P}^{m}_{ijskg}$$

für alle j, s, k und g sowie

$$(32)\quad W^{m+1}_{ikg} = W^{m}_{ikg} - \sum_{j}\sum_{s} \tilde{P}^{m}_{ijskg}$$

für alle i, k und g.

Da von der Problemstellung her die Grössen $\tilde{P}$, W und $\tilde{H}$ ganzzahlig sind, werden sie nach Abschluss jeder Iteration gerundet.

Schritt 7: Bestimmung der Gesamtzuordnung der ersten Modellstufe

Ist die Abbruchbedingung des Schrittes 2 zu Beginn der Iteration $\bar{m}$ erfüllt, so ergibt sich die Gesamtzuordnung der Haushalte zu Wohnungen $\tilde{P}_{ijskg}$ aus der Beziehung

$$(33)\quad \tilde{P}_{ijskg} = \sum_{t=1}^{\bar{m}-1} \tilde{P}^{t}_{ijskg}$$

für alle i, j, s, k, g.

Die erste Modellstufe ist damit abgeschlossen.

Anschliessend soll noch gezeigt werden, dass das eben beschriebene iterative Verfahren immer nach einer endlichen Anzahl von Schritten zu einer Lösung des Allokationsproblems führt.

Hierzu ist es zweckmässig, diese Eigenschaft zuerst für den inneren Prozess nachzuweisen.

Beweis:
Gilt bei festem m, w, k und g für wenigstens ein i

(34) $a_{ikg}^{m} > 0,$

es folgt wegen (22) und (23)

(35) $\sum_{j}\sum_{s} \tilde{P}_{ijskg}^{mw} = W_{ikg}^{mw}$

und somit wegen (27)

(36) $W_{ikg}^{m(w+1)} = 0$

Gilt die Relation (34) dagegen für kein i, so folgt wegen (20) und (23) für alle j und s

(37) $\sum_{i} \tilde{P}_{ijskg}^{mw} = \tilde{H}_{jskg}^{mw}$

und somit wegen (26)

(38) $\tilde{H}_{jskg}^{m(w+1)} = 0$

für alle j und s.

Verbunden mit der für alle Variablen geltenden Nichtnegativitätsbedingung wird, wegen (25) und (36) einerseits sowie (38) andererseits, wenigstens eine der beiden Abbruchbedingungen (28) und (29) nach einer endlichen Anzahl von Schritten erreicht.

Damit kann diese Eigenschaft auch für den äusseren Prozess gezeigt werden.

Beweis:
Für festes m, k und g gilt wenigstens eine der beiden folgenden Beziehungen:

Entweder wegen (27), (29), (30) und der Nichtnegativitätsbedingung

(39) $W_{ikg}^{m} = \sum_{j}\sum_{s} \tilde{P}_{ijskg}^{m}$

für alle i und somit wegen (32)

(40) $W_{ikg}^{m+1} = 0$

für alle i,
oder wegen (26), (28), (30) und der Nichtnegativitätsbedingung

(41) $\tilde{H}_{jskg}^{m} = \sum_{i} \tilde{P}_{ijskg}^{m}$

für alle j, s und somit wegen (31)

(42) $\tilde{H}_{jskg}^{m+1} = 0$

für alle j und s.

Verbunden mit der Nichtnegativitätsbedingung wird wegen (40) und (42) wenigstens eine der beiden Abbruchbedingungen (7) und (8) nach einer endlichen Anzahl von Schritten erreicht.

Damit ist die erste Modellstufe vollständig beschrieben. Die Formulierung der zweiten Modellstufe ist Gegenstand des nachfolgenden Abschnitts.

234 Allokation der Haushaltsmitglieder

Wie schon in Abschnitt 22 erwähnt, könnten auch auf dieser zweiten Modellstufe gewisse Anpassungsprozesse unterstellt werden. Da jedoch im Rahmen dieser Arbeit lediglich Reisezeitreaktionen Berücksichtigung finden, kann die Zuordnung der Haushaltsmitglieder auf Arbeitsplätze analog dem inneren Iterationsprozess der ersten Stufe formuliert werden. Als Ausgangspunkt dienen dabei die Ergebnisse der ersten Modellstufe ($\tilde{P}_{ijskg}$). Wegen (A3) wurde bisher für genau eine (und nur eine) Erwerbsperson eines jeden Erwerbshaushaltes[37] die Arbeitsplatz-Wohnplatzbeziehung hergestellt. Den übrigen erwerbstätigen Mitgliedern eines Haushaltes, deren Wohnung nun festgelegt ist, muss durch den folgenden Iterationsprozess ein Arbeitsplatz zugewiesen werden. Die Summe der Ergebnisse der ersten Stufe und dieser Verteilung ergibt dann schliesslich die vollständige Tabelle der Arbeitspendlerverknüpfungen.

Schritt 1: Initialisierung

Bezeichnet man mit E_i die Zahl der Erwerbstätigen, die einem Haushalt angehören, dem in der ersten Modellstufe eine Wohnung in Zone i zugeteilt wurde und denen noch kein Arbeitsplatz zugeordnet ist sowie mit $\tilde{Z}_j$ die Zahl der noch nicht besetzten Arbeitsplätze in Zone j, so gilt wegen (A3)

(43) $E_i = \sum_s [(Q_s^e - 1) \sum_j \sum_k \sum_g \tilde{P}_{ijskg}]$

für alle i und

37 Da Rentnerhaushalte definitionsgemäss keine Erwerbspersonen enthalten, somit für kein Haushaltsmitglied ein „Arbeitsplatz" ausserhalb der fiktiven Zone existiert, entfällt die Berücksichtigung dieser Gruppe von Haushalten. Wie schon in Abschnitt 231 vereinbart, bedeutet dies formal, dass den Zonenindices i und j in der zweiten Modellstufe die Indexmenge N^* zugeordnet ist.

(44) $\tilde{Z}_j = Z_j - \sum_i \sum_s \sum_k \sum_g \tilde{P}_{ijskg}$

für alle j.

Kennzeichnet man diese Grössen mit dem Iterationsindex m (E_i^m, $\tilde{Z}_j^m$), so wird für die Initialisierung vereinbart:

(45) $E_i^1 = E_i$

für alle i und

(46) $\tilde{Z}_j^1 = \tilde{Z}_j$

für alle j.

Schritt 2: Verteilung der Erwerbstätigen

Wurde in der ersten Stufe von der Zahl der Haushalte in *Arbeits*zone j ausgegangen, muss jetzt – nach Festlegung der Wohnung – die Zahl der bislang nicht verteilten Erwerbstätigen in *Wohn*zone i (E_i^m) Grundlage der Verteilung sein. Dabei ist jedoch die Einhaltung der Restriktion zu gewährleisten, d. h. keiner Arbeitszone j dürfen mehr Erwerbstätige zugeordnet werden, als sie über noch freie Arbeitsplätze ($\tilde{Z}_j^m$) verfügt.

Bezeichnet man mit $\ddot{P}_{ij}^m$ die Zahl der Erwerbstätigen in Wohnzone i, denen in der Iterationsrunde m ein Arbeitsplatz in Arbeitszone j *ohne* Berücksichtigung der Restriktion zugewiesen wurde und mit $\hat{P}_{ij}^m$ die analoge Grösse nach deren Einhaltung, so lässt sich die Verteilung wie in Schritt 5.2 der ersten Modellstufe beschreiben. Als Gewichte des Verteilungsansatzes sind nun jedoch die noch freien Arbeitsplätze ($\tilde{Z}_j^m$) einzusetzen:

(47) $$\ddot{P}_{ij}^m = \frac{\tilde{Z}_j^m \cdot f_{\delta(j)}(D_{ij})}{\sum_j \tilde{Z}_j^m \cdot f_{\delta(j)}(D_{ij})} E_i^m$$

für alle i und j.

Auch hier ist unmittelbar erkennbar, dass

(48) $\sum_j \ddot{P}_{ij}^m = E_i^m$

für alle i gilt. Dies bedeutet, dass allen zur Verteilung anstehenden Erwerbstätigen ein Arbeitsplatz zugewiesen wird.

Da damit jedoch nicht sichergestellt ist, dass die Zahl der auf eine Arbeitszone j verteilten Erwerbstätigen nicht die Zahl der dort vorhandenen Arbeitsplätze übersteigt, d. h. die Restriktion

$$(49)\quad \sum_i \ddot{P}_{ij}^m \leqslant \tilde{Z}_j^m$$

für alle j erfüllt, wird für alle j ein „Überschussfaktor"

$$(50)\quad b_j^m = \frac{\sum_i \ddot{P}_{ij}^m - \tilde{Z}_j^m}{\sum_i \ddot{P}_{ij}^m}$$

eingeführt.

Die endgültige Verteilung der Erwerbstätigen wird sodann nach der Vorschrift

$$(51)\quad \hat{P}_{ij}^m = \begin{cases} (1-b_j^m)\ \tilde{Z}_j^m & \text{für } b_j^m > 0 \\ \ddot{P}_{ij}^m & \text{sonst} \end{cases}$$

für alle i und j bestimmt.

Wegen (48), (50) und (51) ist gewährleistet, dass für die Grössen $\hat{P}_{ij}^m$ folgendes gilt:

$$(52)\quad \sum_j \hat{P}_{ij}^m \leqslant E_i^m$$

für alle i und

$$(53)\quad \sum_i \hat{P}_{ij}^m \leqslant \tilde{Z}_j^m$$

für alle j. Dies bedeutet, dass einerseits nicht mehr Erwerbstätige auf Arbeitszonen verteilt werden, als tatsächlich noch zu verteilen sind, und dass andererseits die Zahl der den Arbeitszonen zugeordneten Erwerbstätigen nicht das dort jeweils noch vorhandene Arbeitsplatzangebot übersteigt.

Schritt 3: Fortschreibung

Für die jeweils nächste Iterationsrunde können die erforderlichen Grössen wie folgt bestimmt werden:

(54) $E_i^{m+1} = E_i^m - \sum_j \hat{P}_{ij}^m$

für alle i sowie

(55) $\tilde{Z}_j^{m+1} = \tilde{Z}_j^m - \sum_i \hat{P}_{ij}^m$

für alle j.

Schritt 4: Prüfen der Abbruchbedingung

Die Schritte 2 und 3 werden solange wiederholt, bis für ein bestimmtes $\bar{m}$ wenigstens eine der beiden Abbruchbedingungen

(56) $\sum_i E_i^{\bar{m}} = 0$

(57) $\sum_j \tilde{Z}_j^{\bar{m}} = 0$

erfüllt ist. Der Verteilungsprozess gilt dann als beendet.

Schritt 5: Bestimmung der Gesamtzuordnung der zweiten Modellstufe

Ist die Abbruchbedingung des Schrittes 4 zu Beginn der $\bar{m}$-ten Iteration erfüllt, so ergibt sich die Gesamtzuordnung $\hat{P}_{ij}$ dieses Iterationsprozesses aus der Beziehung

(58) $\hat{P}_{ij} = \sum_{t=1}^{\bar{m}-1} \hat{P}_{ij}^t$

für alle i und j.

Die gesamten Arbeitsplatz-Wohnplatzbeziehungen P_{ij} ergeben sich somit aus

(59) $P_{ij} = \sum_s \sum_k \sum_g \tilde{P}_{ijskg} + \hat{P}_{ij}$

für alle i und j.

Auch für diesen Prozess existiert immer ein endliches $\bar{m}$, d. h. die Abbruchbedingung wird nach einer endlichen Anzahl von Schritten erreicht. Wegen der direkten Analogie zum inneren Iterationsprozess der ersten Modellstufe kann hier auf eine Angabe des Beweises verzichtet werden.

Damit ist auch die zweite Modellstufe vollständig beschrieben. Zum Abschluss der mathematischen Formulierung wird im nächsten Abschnitt auf die Ergebnisauswertung näher eingegangen.

235 Ergebnisauswertung

In diesem Abschnitt wird gezeigt, wie durch geeignete Auswertung der Ergebnisse der beiden Modellstufen eine Reihe wertvoller Planungsinformationen gewonnen werden kann.
So lässt sich für jede Zone

a) die Zahl der freien Wohnungen, bzw. die Zahl der wegen Wohnungsmangels nicht zu verteilenden Haushalte,
b) die Sozialstruktur von Erwerbs- und Rentnerhaushalten,
c) die Höhe der Wohnbevölkerung,
d) die Zahl der tatsächlich verteilten Beschäftigten und Erwerbstätigen sowie die Zahl freier Arbeitsplätze, bzw. nicht zu verteilender Erwerbstätigen

durch einfache Berechnungen ermitteln.

a) Da es als Sonderfall[38] anzusehen ist, dass für eine Modellanwendung das Gesamtangebot an Wohnungen der Gesamtnachfrage (d. h. der Gesamtzahl der Haushalte) genau gleich ist, lässt sich die Zahl der freien Wohnungen, bzw. die Zahl der nicht zu verteilenden Haushalte (d. h. solche Haushalte, für die in der gesamten Region keine Wohnung zur Verfügung steht) wie folgt bestimmen:

Für den Fall, dass in der Region ein Überangebot an Wohnungen besteht, d. h. dass gilt

$$(60)\quad \sum_{i\,k\,g\,} W_{ikg} > \sum_{j\,s\,k\,g} H_{jskg}$$

folgt, dass für die Beziehungen (7) und (8) im Falle des Abbruches gilt:

$$(61)\quad \sum_{i\,k\,g} W_{ikg}^{\bar{m}} > 0$$

und

$$(62)\quad \sum_{i\,s\,k\,g} H_{jskg}^{\bar{m}} = 0$$

38 Ein solcher Sonderfall wird in der praktischen Anwendung des Modells in Abschnitt 3 aufgezeigt.

Für die Zahl der freien Wohnungen ($\hat{W}_{ikg}$) gilt somit

$$(63)\quad \hat{W}_{ikg} = W^{\bar{m}}_{ikg}$$

für alle i [39], k und g, was wegen (32) und (33) gleichbedeutend ist mit

$$(64)\quad \hat{W}_{ikg} = W_{ikg} - \sum_{j}\sum_{s} \tilde{P}_{ijskg}$$

für alle i, k und g. Das Überangebot an Wohnungen ist also sowohl in räumlicher als auch in qualitativer Differenzierung zu ermitteln.

Für den Fall, dass in der Region ein Unterangebot an Wohnungen besteht, d. h. die Zahl der Haushalte die Zahl der Wohnungen übersteigt,

$$(65)\quad \sum_{i}\sum_{k}\sum_{g} W_{ikg} < \sum_{j}\sum_{s}\sum_{k}\sum_{g} H_{jskg}$$

folgt für die Zahl der nicht zu verteilenden Haushalte ($\hat{H}_{jskg}$) in analoger Weise

$$(66)\quad \hat{H}_{jskg} = H^{\bar{m}}_{jskg}$$

für alle j, s, k und g, oder

$$(67)\quad \hat{H}_{jskg} = H_{jskg} - \sum_{i} \tilde{P}_{ijskg}$$

für alle j, s, k und g.

Dies bedeutet, dass auch die Zahl der wegen Wohnungsmangels nicht in der Region ansiedelbaren Haushalte sowohl nach räumlichen und sozialen Kriterien als auch nach ihren Wohnungswünschen differenziert berechnet werden kann.

b) Als zweite wichtige Modellausgabeinformation lässt sich die Sozialstruktur der Haushalte jeder Wohnzone i (d. h. die Aufgliederung der Zahl der in dieser Zone angesiedelten Haushalte nach ihrer Sozialklassenzugehörigkeit) leicht berechnen. Dabei kann nach Erwerbshaushalten $\bar{H}^{e}_{is}$ und nach Rentnerhaushalten $\bar{H}^{r}_{is}$ unterschieden werden.
Für die Erwerbshaushalte gilt für jede Wohnzone i

$$(68)\quad \bar{H}^{e}_{is} = \sum_{i=1}^{N^*}\sum_{k}\sum_{g} \tilde{P}_{ijskg}$$

für alle s.

39 Sofern nichts anderes erwähnt, ist in diesem Abschnitt den Zonenindices i und j die Indexmenge N zugeordnet.

Die Zahl der Rentnerhaushalte ergibt sich für jede Wohnzone i analog aus

$$(69)\quad \bar{H}^r_{is} = \sum_k \sum_g \tilde{P}_{iNskg}$$

für alle s. Die Gesamtzahl der Haushalte $\bar{H}_{is}$ in Wohnzone i mit Sozialklasse s wird somit für jede Zone i durch

$$(70)\quad \bar{H}_{is} = \bar{H}^e_{is} + \bar{H}^r_{is}$$

für alle s bestimmt.

c) Ausgehend von dieser Sozialstruktur, kann die Höhe der Wohnbevölkerung B_i jeder Zone i durch die exogene Vorgabe der durchschnittlichen Haushaltsgrösse G^e_s eines Erwerbshaushaltes der Sozialklasse s sowie der analogen Grösse G^r_s eines Rentnerhaushaltes[40] wie folgt ermittelt werden:

$$(71)\quad B_i = \sum_{j=1}^{N^*} \left[\sum_s G^e_s \sum_k \sum_g \tilde{P}_{ijskg}\right] + \sum_s G^r_s \sum_k \sum_g \tilde{P}_{iNskg}$$

für alle i, oder wegen (68) und (69)

$$(72)\quad B_i = \sum_s \left[G^e_s \bar{H}^e_{is} + G^r_s \bar{H}^r_{is}\right]$$

für alle i.[41]

d) Wurden die bisher dargestellten Auswertungen aus den Ergebnissen der ersten Modellstufe abgeleitet, so ist die in der zweiten Stufe bestimmte Arbeitspendlermatrix Ausgangspunkt der folgenden Berechnungen. Hierbei ergeben sich die in Zone j tatsächlich besetzten Arbeitsplätze ($\bar{Z}_j$) und die tatsächlich nach i verteilten Erwerbstätigen ($\bar{E}_i$) wie folgt:

$$(73)\quad \bar{Z}_j = \sum_i P_{ij}$$

für alle j und

40 Vgl. Abschnitt 231.

41 Im Rahmen der praktischen Anwendung hat es sich als zweckmässig erwiesen, die durchschnittlichen Haushaltsgrössen aufgrund unterschiedlicher Strukturen nach Untersuchungsgebiet und Umland getrennt vorzugeben. Bezeichnet man mit $\bar{G}^e_s$, bzw. $\bar{G}^r_s$ die Grössen des Untersuchungsgebietes, mit $\hat{G}^e_s$, bzw. $\hat{G}^r_s$ die entsprechenden Werte des Umlandes, so gilt demnach für (71) und (72):

$$G^e_s = \begin{cases} \bar{G}^e_s \text{ für } i \in \mathcal{N}^u \\ \hat{G}^e_s \text{ für } i \in \mathcal{N}^r \end{cases} \quad \text{und} \quad G^r_s = \begin{cases} \bar{G}^r_s \text{ für } i \in \mathcal{N}^u \\ \hat{G}^r_s \text{ für } i \in \mathcal{N}^r \end{cases}$$

(74) $\bar{E}_i = \sum_j P_{ij}$

für alle i.

Für den Fall, dass gilt

(75) $\sum_j \tilde{Z}_j > \sum_i E_i$

kann die Zahl der noch freien Arbeitsplätze $\hat{Z}_j$ durch

(76) $\hat{Z}_j = Z_j - \sum_i P_{ij}$

für alle j berechnet werden.

Dabei ist zu beachten, dass die Beziehung (75) aus zweierlei Gründen erfüllt sein kann. Einmal kann ein Fehlbestand an Wohnungen freie Arbeitsplätze bewirken, da dann auf der ersten Stufe nicht alle Haushalte in der Region angesiedelt werden können und somit auf der zweiten Stufe wegen (43) weniger Erwerbstätige zu verteilen sind. Zum anderen kann dies durch eine entsprechend geringe exogene Eingabe der Gesamtzahl der Haushalte gegeben sein [42].

Für den Fall, dass gilt

(78) $\sum_j \tilde{Z}_j < \sum_i E_i$

kann die Zahl der mangels Arbeitsplätzen nicht zu verteilender Erwerbstätigen $\hat{E}_i$ durch

(79) $\hat{E}_i = E_i - \sum_j P_{ij}$

für alle i bestimmt werden. Für eine solche Situation ist jedoch die entsprechende exogene Vorgabe der Zahl der Haushalte notwendige Voraussetzung.

Neben diesen gesonderten Auswertungen darf jedoch nicht vernachlässigt werden, dass die detaillierten Ergebnisse des Modells und hier vornehmlich die Arbeitspendlermatrix der zweiten Stufe wegen ihres Strömungscharakters wertvolle Infor-

42 Für die Disaggregation der Haushalte in Abschnitt 232 müssten dann somit wenigstens die Grössen H_j für alle j exogen vorgegeben werden. Dabei wäre zu beachten, dass wegen der Definition der Erwerbshaushalte stets gelten muss:

(77) $\sum_{j=1}^{N^*} H_j \leqslant \sum_{j=1}^{N^*} Z_j$

mationen für den Planer darstellen. An dieser Stelle – im Rahmen der Modellformulierung – kann auf eine weitere Erörterung der Bedeutung der Modellergebnisse verzichtet werden [43].

Damit sind alle Teile des Modells vollständig beschrieben. Im nächsten Kapitel wird nun seine Anwendbarkeit in einer konkreten, empirischen Situation untersucht.

43 vgl. Kapitel 1 und Kapitel 3.

3 Praktische Anwendung des Modells in der Stadt Mannheim

31 Vorgehensweise

Wie schon in Abschnitt 11 erwähnt wurde, hat die praktische Anwendung eines solchen Modells in der Darstellung der Datenbeschaffung und im Nachweis der Anwendbarkeit zwei wichtige Funktionen zu erfüllen. In diesem Sinne ist das Modell selbst und seine Abbildungsqualität Gegenstand der empirischen Untersuchung und nicht die konkrete Region[1]. Sie dient vielmehr gewissermassen als Testgebiet.

Aus diesem Grunde wird die Beschaffung der Daten aus der amtlichen Statistik sowie ihre Aufbereitung als Modelleingabeinformationen Gegenstand des nächsten Abschnitts sein, um daran den Nachweis der Anwendbarkeit des Modells, d. h. der hinreichenden Genauigkeit und der inhaltlichen Bedeutsamkeit der Modellergebnisse, in einem weiteren Abschnitt anzuschliessen.

Da es – wie bereits erwähnt – eine Aufgabe der praktischen Anwendung ist, die hinreichende Genauigkeit der Modellergebnisse zu zeigen, erscheint es wenig sinnvoll, die Anwendbarkeit am Beispiel einer tatsächlichen Prognose zeigen zu wollen. Die Richtigkeit oder Fehlerhaftigkeit der Ergebnisse erwiese sich erst in der Zukunft. Aus diesem Grunde wird die Anwendung für einen bereits vergangenen Zeitpunkt durchgeführt, für den die tatsächlichen Werte bekannt sind und somit mit den Modellergebnissen verglichen werden können. Dabei muss die Anwendung auf einen Zeitpunkt beschränkt bleiben, da die Ausführung einer ex-post Prognose[2] wegen der unzureichenden Wohnungsstatistik vor der Gebäude- und Wohnungszählung 1968 nicht möglich ist.

Ein solcher Ansatz[3] bietet darüber hinaus noch die Möglichkeit, eventuell fehlerhafte Modellzusammenhänge zu entdecken und zu beseitigen. In diesem Sinne lässt

1 Die Bedeutung der praktischen Anwendung kann im Rahmen dieser Arbeit nicht darin bestehen, Analysen oder Planungsaussagen für das konkrete Untersuchungsgebiet zu machen. Eine solche Aufgabe könnte dem Modell erst nach einem erfolgreichen Nachweis der Anwendbarkeit zugewiesen werden, wobei noch festzuhalten ist, dass eine solche Studie wohl schwerlich ohne die integrierte Mitarbeit der Anwender (d. h. der Planungspraktiker) durchgeführt werden könnte.

2 Im Rahmen einer ex-post Prognose werden Systemzustände zu mehreren Zeitpunkten (die jedoch alle in der Vergangenheit liegen) simuliert.

3 Dieses Vorgehen unterscheidet sich in gewissem Sinne von der in *Lowry*-Modellen notwendigen „Kalibrierung". Im Rahmen einer Kalibrierung werden durch geeignete Anpassung der Modellergebnisse an tatsächlich beobachtete Grössen exogen nicht erklärte Funktionsparameter ermittelt. Das vorliegende Modell enthält keine derartigen Grössen; dennoch ermöglicht die Abgrenzung der Klassen sowie die Schätzung der Gewichte und Widerstandsfunktionen dem Modell, den spezifischen Besonderheiten des Untersuchungs-

eine genauere Simulation „bestehender Verhältnisse" im Falle einer echten Prognose eine bessere Abbildung zukünftiger Systemzustände erwarten.

32 Erfassung und Aufbereitung der Daten[4]

Die Erarbeitung einer Datenbasis für die Anwendung des beschriebenen Modells lässt sich grob in vier verschiedene Komplexe einteilen. Dabei steht die zeitliche und räumliche Abgrenzung der Untersuchung naturgemäss an erster Stelle. Sind die Überlegungen hierzu abgeschlossen, bedarf es der Auswertung bevölkerungs- und wohnungsstatistischer Tatbestände sowie der Ermittlung der erforderlichen Gewichte, Richtwerte, Widerstandsfunktionen und Reisezeiten. Hierbei – und dies wird an der jeweiligen Stelle vermerkt werden – ist streng zwischen notwendigen Modelleingabedaten und Testwerten zu unterscheiden, da die ersteren als exogene Eingabe den Rahmen des Modellablaufes bilden und somit für jede Anwendung zu ermitteln sind, die letzteren dagegen nur als beobachtete Vergleichswerte benötigt werden, die in keiner Weise[5] das Modellergebnis beeinflussen.

Diese vier genannten Komplexe sind Gegenstand der Ausführungen der nächsten Abschnitte. Dabei bleibt anzumerken, dass sich im Laufe der Entwicklung des Modells mit dessen Modifikationen auch die Datenerfassung vielfach verändert hat. Ihre Beschreibung muss jedoch auf die zuletzt gültige, den Ergebnissen der praktischen Anwendung zugrunde liegende Fassung beschränkt bleiben.

321 Untersuchungszeitpunkt und räumliche Abgrenzung

Unter dem Aspekt der Überprüfung der Modellergebnisse ist es besonders wichtig, zuverlässige Informationen über den Ist-Zustand einer betrachteten Region[6] zu gewinnen, da einerseits umfangreiche Testdaten erforderlich sind und andererseits die Genauigkeit der Ergebnisse natürlich von der Richtigkeit der Eingabedaten abhängt. Dies kann jedoch lediglich durch Auswertungen der statistischen Grosszählungen erreicht werden. Aus diesem Grunde bietet sich der Termin der letzten

gebietes Rechnung zu tragen. Diese Schätzungen erfolgen im Gegensatz zur Kalibrierung jedoch nicht durch Anpassung, sondern durch Bestimmung empirischer relativer Häufigkeiten.

4 Da im Rahmen der Datenerfassungsarbeiten eine Fülle von Publikationen und unveröffentlichter Tabellen der jeweiligen statistischen Ämter Verwendung fanden, wird in diesem Abschnitt auf die genaue Angabe jeder Quelle, zugunsten einer allgemeinen Beschreibung, verzichtet. Im Anschluss an das Literaturverzeichnis wird unter der Rubrik „Quellen des statistischen Materials" eine vollständige Liste beigefügt.

5 vgl. Abschnitt 31 und den Gegensatz zu *Lowry*-Modellen.

6 Zu den folgenden gebrauchten Begriffen wie „Region", „Untersuchungsgebiet" und „Zone" vgl. Abschnitt 21.

bevölkerungsstatistischen Vollerhebung vom 27. Mai 1970 (Volkszählung 1970) als Untersuchungszeitpunkt an.

Wie schon eingangs erwähnt, wurde als Untersuchungsgebiet die Stadt Mannheim gewählt, die zusammen mit 17 umliegenden Stadt- und Landkreisen die Region ergab. Diese 17 Kreise wurden zu 9 Umlandzonen aggregiert, deren Lage und Grösse der Übersichtskarte in Abbildung 4 zu entnehmen ist. Dabei ist zu bemerken, dass die Zonenbezeichnungen nicht notwendigerweise mit den amtlichen Landkreisbezeichnungen übereinstimmen.

Abbildung 4: Übersichtskarte, Untersuchungsgebiet und Umlandzonen (Masstab etwa 1:780000)

Das Gemeindegebiet der Stadt Mannheim wurde in 31 Stadtzonen aufgeteilt. Dieser Zoneneinteilung lag die Aufgliederung der Stadt Mannheim in 78 statistische Bezirke durch das Amt für Stadtforschung, Statistik und Wahlen zugrunde, die sich

für eine solche Anwendung als zu detailliert erwiesen hat[7]. Struktur und Form der Zonen können der thematischen Karte[8] in Abbildung 5 entnommen werden, die in fünf Kategorien das Verhältnis von Beschäftigten und Erwerbstätigen jeder Zone wiedergibt. Dunkel gekennzeichnete Flächen sind als Zonen mit überwiegender Arbeitsplatzkonzentration, helle Teilgebiete als reine Wohnzonen charakterisiert. Die durch Punkte markierten Flächen zeigen die Lage der Wälder oder grösserer Freiflächen an. Die Bezeichnungen dieser Stadtzonen können ebenso wie ihre Zuordnung zum Gliederungskonzept der Stadt Mannheim in 78 Bezirke der Tabelle 1 entnommen werden.

Der nun folgenden Beschreibung der Datenerfassung sei noch eine Bemerkung vorangestellt. Bedingt durch den föderativen Aufbau der Bundesrepublik Deutschland und die besondere geographische Lage des Untersuchungsgebietes im Schnittpunkt dreier Bundesländer[9] wurde die Datenerfassung erheblich erschwert. So musste neben den kleinräumigen Zahlen der Stadt Mannheim, Datenmaterial des Statistischen Bundesamtes sowie der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen ausgewertet werden, was naturgemäss eine Reihe von Abstimmungsarbeiten[10] mit sich brachte.

322 Erfassung bevölkerungsstatistischer Merkmale

Im vorliegenden Modell tritt die Zahl der Haushalte als wichtiges bevölkerungsstatistisches Merkmal in den Vordergrund, da in der ersten Modellstufe die Zuordnung der Haushalte auf ihre Wohnungen vorgenommen wird. Im Rahmen der praktischen Anwendung wurde zur Bestimmung und Disaggregation der Haushalte von der in Beziehung (4)[11] wiedergegebenen Möglichkeit Gebrauch gemacht, was

7 Bei der Wahl der Abgrenzung ist es zweckmässig, nicht zu kleine Zonen zu bilden, um zonal die Zahl der zu verteilenden Haushalte sowie der angebotenen Wohnungen und Arbeitsplätze für planerische Zwecke hinreichend gross zu halten und eine genügende Anzahl besetzter Berufspendlerbeziehungen zu gewährleisten. Darüber hinaus erhöht sich natürlich der Datenbeschaffungsaufwand und der Speicherbedarf mit steigender Zonenzahl.

8 Die Karte wurde durch das an der Harvard-University Cambridge USA entwickelte Programmsystem *Symap* erzeugt. Dieses Ausgabemedium wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit noch häufiger eingesetzt, da es sich gezeigt hat, dass Informationen über räumliche Verteilungen durch thematische Karten leichter aufgenommen werden können, als durch gebräuchliche Tabellen und Grafiken. Zur Diskussion computerunterstützter Herstellung thematischer Karten vgl. z. B. *W. D. Rase, H. Schaefer* (59).

9 Die Grenzen der drei Bundesländer sind in Abbildung 4 durch Rasterlinien gekennzeichnet.

10 Dies betrifft in erster Linie Ländergrenzen überschreitende Berufspendlerströme, die von den Ämtern teilweise unterschiedlich ausgewiesen werden.

11 vgl. Abschnitt 232.

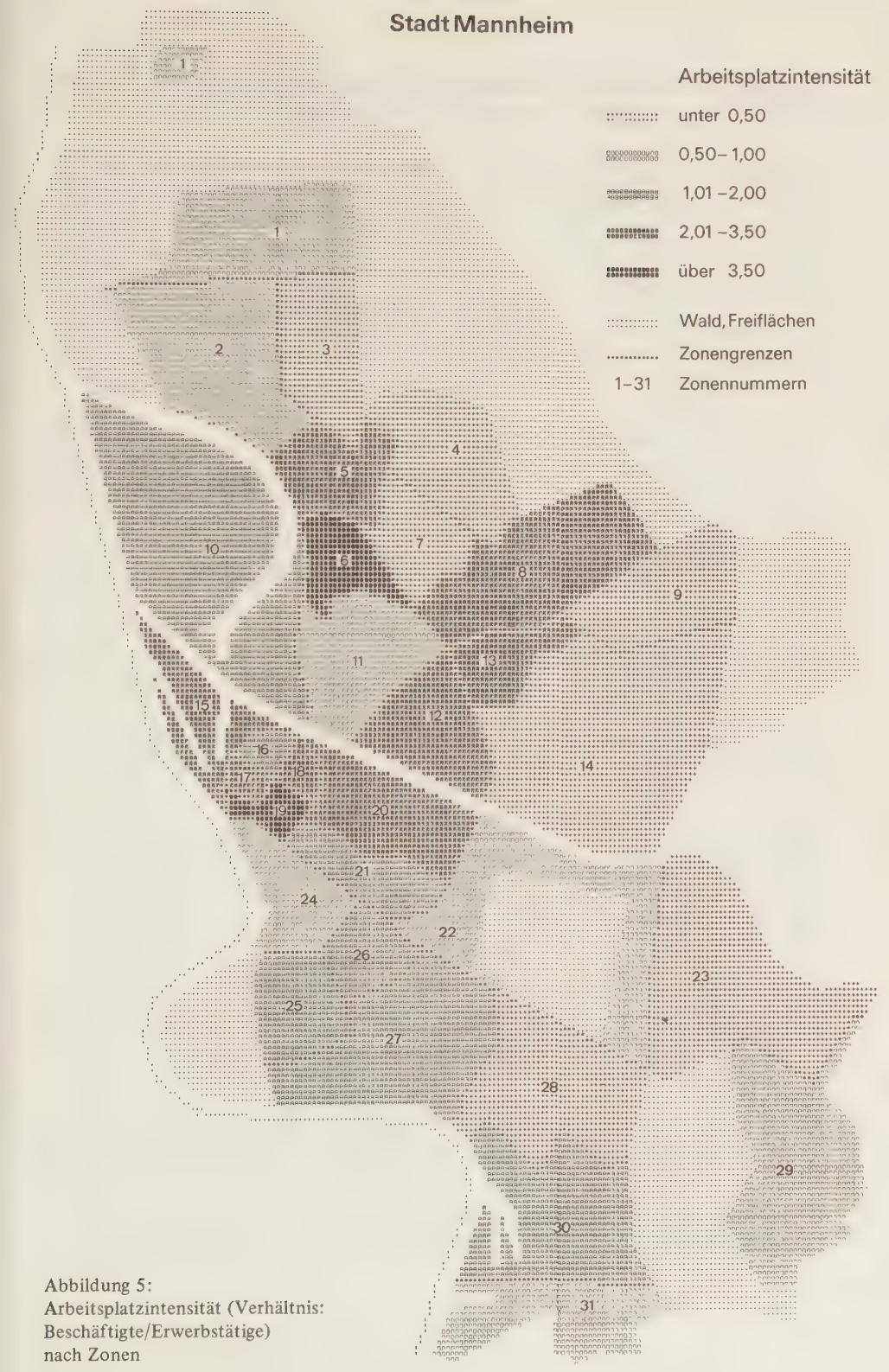


Abbildung 5:
Arbeitsplatzintensität (Verhältnis: Beschäftigte/Erwerbstätige) nach Zonen

bedeutet, dass die Zahl der Beschäftigten jeder Zone und die Gesamtzahl der Rentner [12] in der Region den Ausgangspunkt der Berechnungen darstellten.

Tabelle 1: Zuordnung der Zonen zum Gliederungskonzept der Stadt Mannheim

Zonen-Nr.	Zonenbezeichnung	Kennziffern der 78 statistischen Bezirke der Stadt Mannheim[1]
1	Blumenau	521, 531, 541
2	Sandhofen	511, 512, 513, 514, 515
3	Schönau	551, 552
4	Gartenstadt	581, 731
5	Waldhof	561, 562, 563
6	Luzenberg	571
7	Speckweggebiet	591, 592, 741
8	Käfertal	711, 712, 713
9	Vogelstang	751
10	Neckarstadt-West	311, 312
11	Neckarstadt-Ost	321, 322, 323
12	Wohlgelegen	331, 332
13	Käfertal-Süd	721, 722, 723
14	Feudenheim	771, 772, 761, 762
15	Jungbusch	211, 212
16	Westl. Unterstadt	121
17	Westl. Oberstadt	111
18	Östl. Unterstadt	141
19	Östl. Oberstadt	131, 151
20	Oststadt	411, 412
21	Schwetzingerstadt	421, 422
22	Neuostheim	611, 612, 613, 621, 651
23	Seckenheim	631, 641
24	Lindenhof	431, 432, 433
25	Niederfeld	821, 441
26	Almenhof	811, 812
27	Neckarau	831, 832, 833, 834
28	Casterfeld	841, 842, 843, 844, 861
29	Friedrichsfeld	661, 662, 671
30	Rheinau	851, 852, 853
31	Rheinau-Süd	871

1 entnommen aus der Anlage zum Stadtplan 1 : 15000 des Amtes für Stadtforschung, Statistik und Wahlen der Stadt Mannheim

Als weitere bevölkerungsstatistische Merkmale waren neben diesen Modelleingabedaten die Berufspendlerströme sowie die Wohnbevölkerung und die Zahl der

12 Es sei an dieser Stelle noch einmal in Erinnerung gerufen, dass im Rahmen dieser Arbeit der Begriff „Rentner" in seiner weitesten Fassung verwendet wird. Vgl. Abschnitt 231.

Rentner jeder einzelnen Zone als Testdaten zur Überprüfung der Modellergebnisse zu bestimmen.

a) Erste Überlegungen legten es nahe, die Zahl der Beschäftigten jeder Zone durch Aggregation der nach Wirtschaftsabteilungen detailliert veröffentlichten Werte der Arbeitsstättenzählung vom 27. Mai 1970 zu gewinnen. Es zeigte sich jedoch, dass diese Zahlen die Bedingung der Konsistenz – d. h. die Gleichheit der Summe der Beschäftigten aus der Arbeitsstättenzählung und die dazu inhaltlich äquivalente Grösse der Summe der Berufspendler aus der Volkszählung – nicht erfüllen [13]. Die Beschäftigtenzahlen wurden deshalb aus den Randsummen der Berufspendlerbeziehungen ermittelt und teilweise erhebliche Abweichungen zu den Ergebnissen der Arbeitsstättenzählung in Kauf genommen.

b) Die Anzahl der *Rentner,* die in ihrer Gesamtsumme als Eingabedatum benötigt werden, in ihrer zonalen Disaggregation jedoch lediglich als Testdaten Eingang finden, wurde aus den Ergebnissen der Volkszählung unter der Position „Wohnbevölkerung mit überwiegendem Lebensunterhalt durch Rente, Pension, Arbeitslosengeld, -hilfe usw." [14] bestimmt. Dabei wurden die Zahlen der Umlandzonen auf die Grösse ihres Einflusses auf die Stadt Mannheim reduziert [15].

c) Die Wohnbevölkerung jeder Zone konnte ebenfalls der Volkszählung unter der Position „Wohnbevölkerung der Gemeinde" [16] entnommen werden. Analog den Rentnerzahlen wurden auch diese Grössen im Umland relativiert.

d) Bei der Ermittlung der *Berufspendlerströme* – d. h. der vollständigen Matrix der Berufspendlerbeziehungen jeder Zone – trat das bereits angesprochene Problem,

13 Dies ist in erster Linie dadurch zu erklären, dass in beiden Zählungen unterschiedliche Personen befragt werden. In der Arbeitsstättenzählung geben die Arbeitgeber die Zahl ihrer Beschäftigten an, in der Volkszählung werden dagegen die Erwerbstätigen selbst (an ihrem Wohnort) erfasst. Da jedoch zur Überprüfung der Modellergebnisse die beobachtete Pendlermatrix herangezogen wird, wären bei Verletzung der Konsistenzbedingung Abweichungen der Ergebnisse nicht mehr ausschliesslich auf Fehlverteilungen des Modells zurückzuführen.

14 Die vollständige amtliche Definition lautet:
Rente, Pension, Arbeitslosengeld/-hilfe, Sozialhilfe und sonstige Unterstützungen, eigenes Vermögen:
Hierzu gehören Sozialversicherungsrente einschliesslich Witwen- und Waisenrente, sonstige öffentliche Rentenleistungen wie KB-Rente, Unfallrente usw., Beamtenruhegehalt einschliesslich Witwen- und Waisengeld, Rentenzahlungen aus dem Ausland, Leistungen aufgrund des Bundessozialhilfegesetzes, Unterhaltszahlungen des geschiedenen Ehegatten, Stipendien, betriebliche Pensionen, Altersversorgung der freien Berufe, Erträge aus eigenem Vermögen, Einkommen aus Vermietung oder Verpachtung, Altenteil.

15 Dies ist notwendig, da wegen der Geschlossenheit des Modells nicht das gesamte Umland dieser Zonen in die Betrachtung eingeht.

16 Der Begriff „Gemeinde" ist insofern widersprüchlich, als für die Stadt Mannheim die Werte für die 78 statistischen Bezirke zur Verfügung standen.

Daten dreier Bundesländer erfassen zu müssen, besonders deutlich zutage. Dies um so mehr, als zum Zeitpunkt der Erarbeitung der Datenbasis die endgültige Auswertung des Pendlermaterials aus der Volkszählung auch seitens der statistischen Ämter noch keineswegs abgeschlossen war und somit häufig auf vorläufige, unpublizierte Ergebnisse zurückgegriffen werden musste. So ergab sich die Pendlermatrix als Zusammenfassung verschiedenster Teilauswertungen. Dank der freundlichen Überlassung kleinräumiger Werte seitens der Stadt Mannheim, liessen sich die innerstädtischen sowie die Einpendlerbeziehungen mittels eigener Auswertungen bestimmen.

323 Erfassung wohnungsstatistischer Merkmale

Wie der Modellformulierung in Kapitel 2 zu entnehmen ist, bedarf es der Vorgabe der nach räumlichen und qualitativen Merkmalen (Ausstattung und Grösse) differenzierten Zahl der *Wohnungen.* Da zum Zeitpunkt der Volkszählung 1970 keine Wohnungszählung durchgeführt wurde, mussten die entsprechenden Werte den Ergebnissen der Gebäude- und Wohnungszählung vom 25. Oktober 1968 entnommen und mit Hilfe der amtlichen Fortschreibung des Wohnungsbestandes und der Bautätigkeit auf den Untersuchungszeitpunkt hochgerechnet werden. Für die kleinräumige Auswertung der Gebäude- und Wohnungszählung 1968 wurde unveröffentlichtes Datenmaterial der Stadt Mannheim verwendet. Die ensprechenden Grössen für die Umlandzonen konnten den Bundes- und Kreistabellenprogrammen der Statistischen Landesämter entnommen werden. Vor der Erfassung der jeweiligen Wohnungszahlen war eine geeignete Abgrenzung der Ausstattungs- und Grössenklassen vorzunehmen. Der Freiheit dieser Einteilung wurden jedoch durch die Gliederung des Datenmaterials für die Umlandzonen in den genannten Tabellenprogrammen enge Grenzen gesetzt. So wurde die folgende Grössenklasseneinteilung aus diesen Tabellen übernommen:

	Wohnungen mit einer Grösse:
Klasse 1	unter 40 qm
Klasse 2	40 qm bis unter 60 qm
Klasse 3	60 qm bis unter 80 qm
Klasse 4	über 80 qm

Die Ausstattungsklassen wurden im Einklang mit den Überlegungen in Abschnitt 22 in der Quadratmetermietzahlung gemessen. Die Grundlage bot auch hier die Einteilung der Tabellenprogramme, deren elfstufige Gliederung in vier Klassen zusammengefasst wurde. Zur Berücksichtigung der Eigentümerwohnungen (für die natur-

gemäss keine Mietangaben gemacht werden können) wurde eine weitere Ausstattungsklasse eingeführt. Es ergab sich somit folgende Einteilung:

	Wohnungen mit einer Quadratmetermiete:
Klasse 1	unter DM 1.50
Klasse 2	DM 1.50 bis unter DM 2.50
Klasse 3	DM 2.50 bis unter DM 3.50
Klasse 4	über DM 3.50
Klasse 5	Eigentümerwohnungen

Nach dieser Klassenabgrenzung konnten die Zahlen aus den entsprechenden Datenmaterialien gewonnen werden, wobei sowohl die unbewohnten Wohnungen als auch die Salden der Wohnungsfortschreibung proportional aufgeteilt wurden.

Da die Einflüsse von Untermietern, Anstaltshaushalten, Wohngelegenheiten und ähnlichem sowohl in der Modellformulierung wie in der Datenerfassung vernachlässigt wurden, mussten zur Erreichung der Konsistenz [17] der Eingabedaten die so gewonnenen Wohnungszahlen noch mit der Summe der privaten Haushalte abgestimmt werden.

Zur Verdeutlichung der Wohnungssituation wird in Abbildung 6 beispielhaft der Anteil der grössten Wohnungen (über 80 qm) und in Abbildung 7 der Anteil der teuersten Wohnungen (über DM 3.50/qm) am Gesamtwohnungsbestand der Zonen der Stadt Mannheim wiedergegeben.

324 Ermittlung der Gewichte und Richtwerte

Da – wie bereits erwähnt – die Disaggregation der Haushalte nach Beziehung (4) [18] vorgenommen wurde, bedurfte es neben den Haushaltsgrössenrichtwerten [19] noch der Gewichte [20] der Sozialklassen und der Wohnungswünsche.

Dabei stellte sich nun das Problem, amtliches Datenmaterial zu finden, das einerseits die Verknüpfung von Grösse, Einkommen und Wohnung des Haushaltes ermöglicht, und andererseits hinreichend aktuell und repräsentativ ist.

17 Analog zu den Beschäftigtenzahlen würde eine Inkonsistenz – d. h. eine Differenz von den Summen der Wohnungen und der privaten Haushalte – einen Fehler in den Modellergebnissen bedingen, der nicht auf fehlerhafte Modellstrukturen zurückzuführen wäre.

18 vgl. Abschnitt 232.

19 d. h. für jede Sozialklasse die durchschnittliche Anzahl von Erwerbstätigen und Mitgliedern eines Haushaltes.

20 vgl. Abschnitt 232.

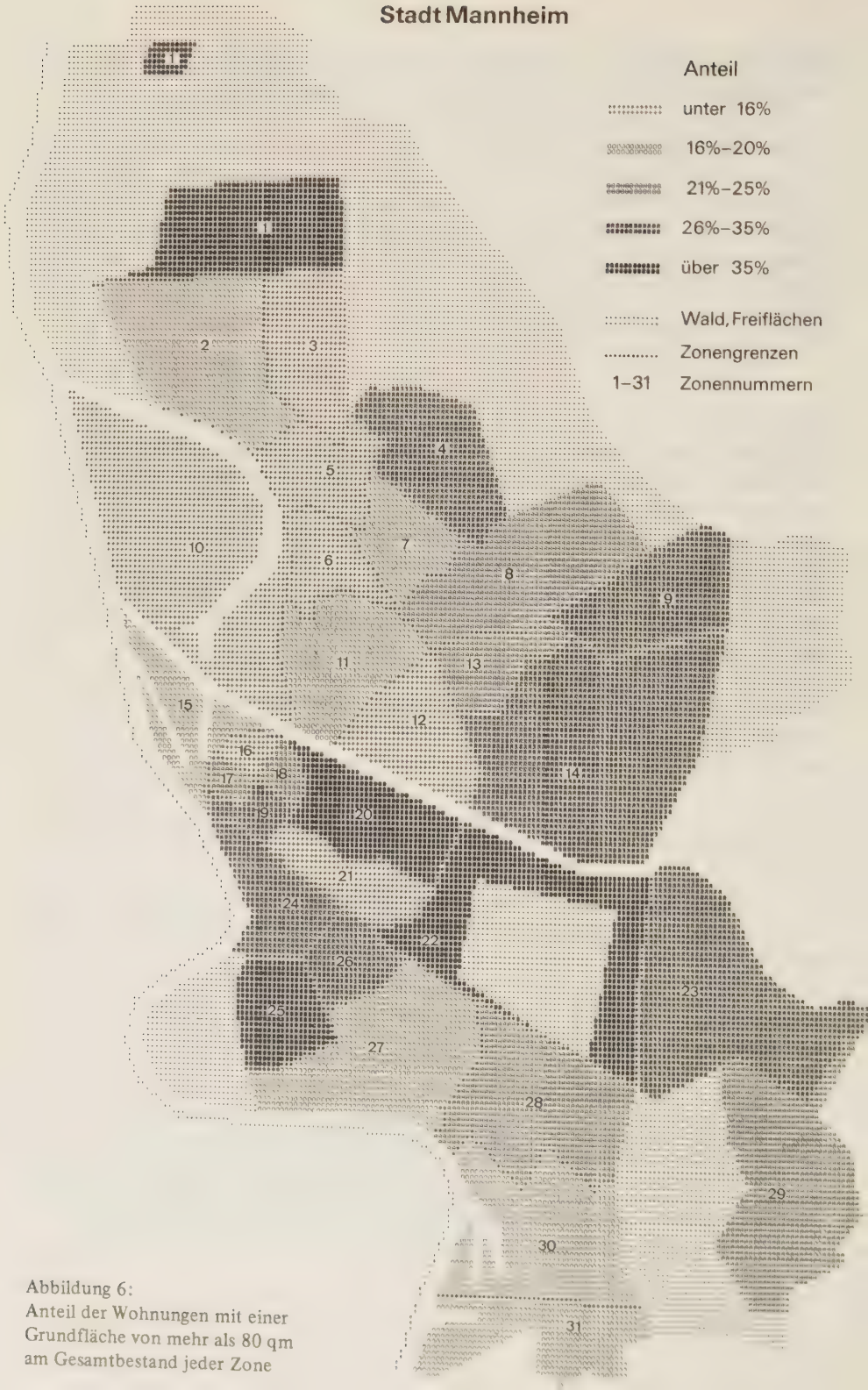


Abbildung 6:
Anteil der Wohnungen mit einer Grundfläche von mehr als 80 qm am Gesamtbestand jeder Zone

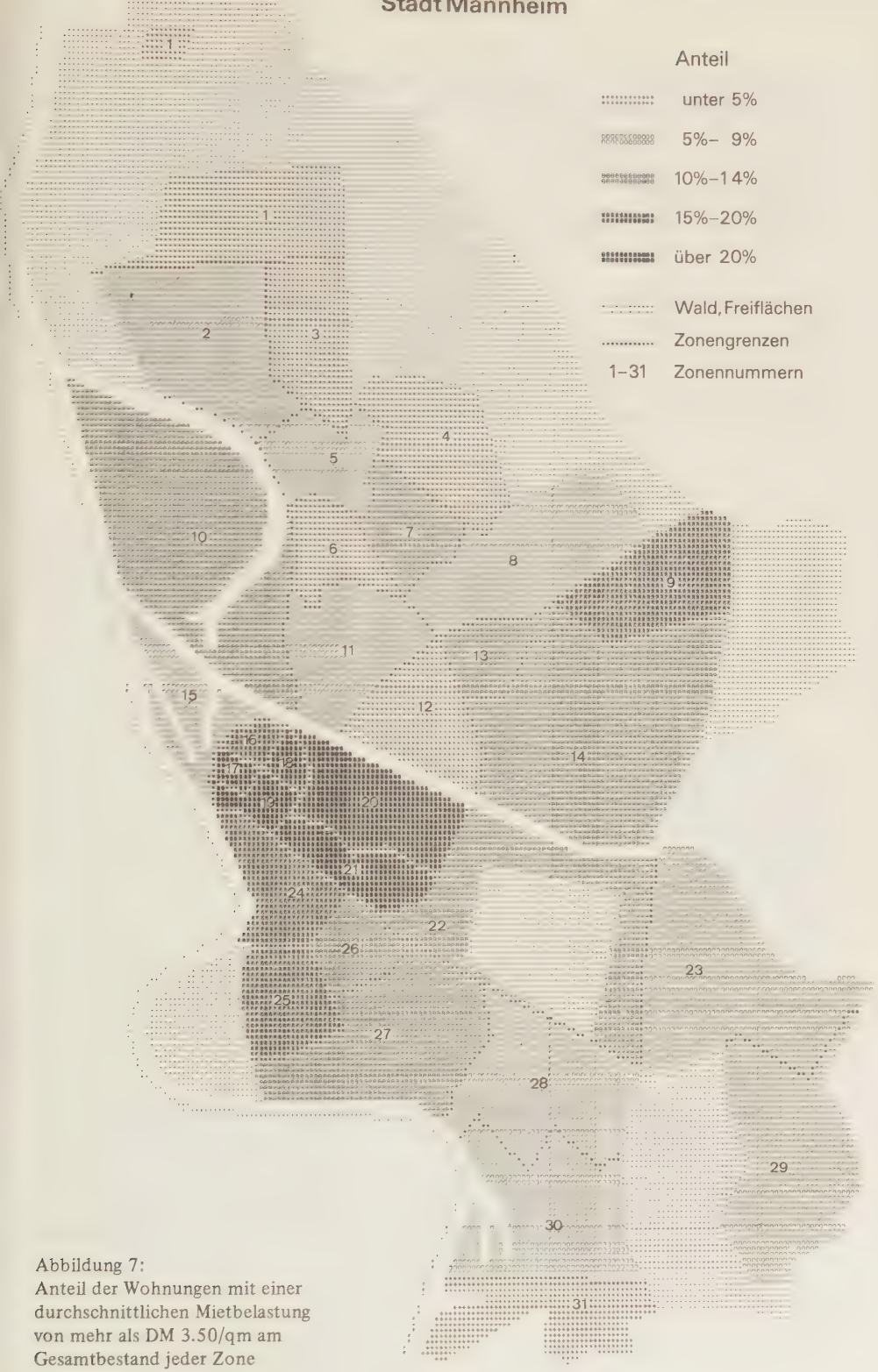


Abbildung 7:
Anteil der Wohnungen mit einer durchschnittlichen Mietbelastung von mehr als DM 3.50/qm am Gesamtbestand jeder Zone

Alle diese Anforderungen erfüllte die Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 1969 (EVS69). Diese Stichprobe umfasste 52 752 Haushalte, die während des Jahres 1969 über ihre Einkünfte und Ausgaben detailliert Buch führten[21]. Die Auswertung der Grundinterviews[22] liess wegen des grossen Stichprobenumfanges, der Repräsentativität der Stichprobe und des geringen zeitlichen Abstandes der Erhebung zum Untersuchungszeitpunkt (weniger als ein Jahr) gute Näherungen für die erforderlichen Gewichte und Richtwerte erwarten.

a) Als erste Grössen waren die *Gewichte der Sozialklassen der Erwerbs- und Rentnerhaushalte* zu bestimmen. Hierzu bedurfte es der abgrenzenden Definition der Sozialklassen. Grundlage der Sozialklasseneinteilung war das monatliche Nettoeinkommen[23] eines Haushaltes. Dabei wurde die elfstufige Einkommensgliederung der EVS69 in eine fünfstufige Klassifizierung wie folgt aggregiert:

	Haushaltsnettoeinkommen:
Klasse 1	unter DM 600.–
Klasse 2	DM 600.– bis unter DM 1000.–
Klasse 3	DM 1000.– bis unter DM 1500.–
Klasse 4	DM 1500.– bis unter DM 2500.–
Klasse 5	über DM 2500.–

Aufgrund dieser Abgrenzung konnten die Gewichte der Sozialklassen der Erwerbs- und Rentnerhaushalte als empirische relative Häufigkeiten der den jeweiligen Klassen zugeordneten Haushalte berechnet werden. Ein Haushalt wurde dabei der Gruppe der Erwerbshaushalte zugeordnet, wenn wenigstens ein Mitglied überwiegend Einkünfte aus Erwerbstätigkeit bezog. In Übereinstimmung mit der Definition in Abschnitt 231, wurden alle übrigen Haushalte der Gruppe der Rentnerhaushalte im Sinne einer Komplementärmenge zugeordnet.

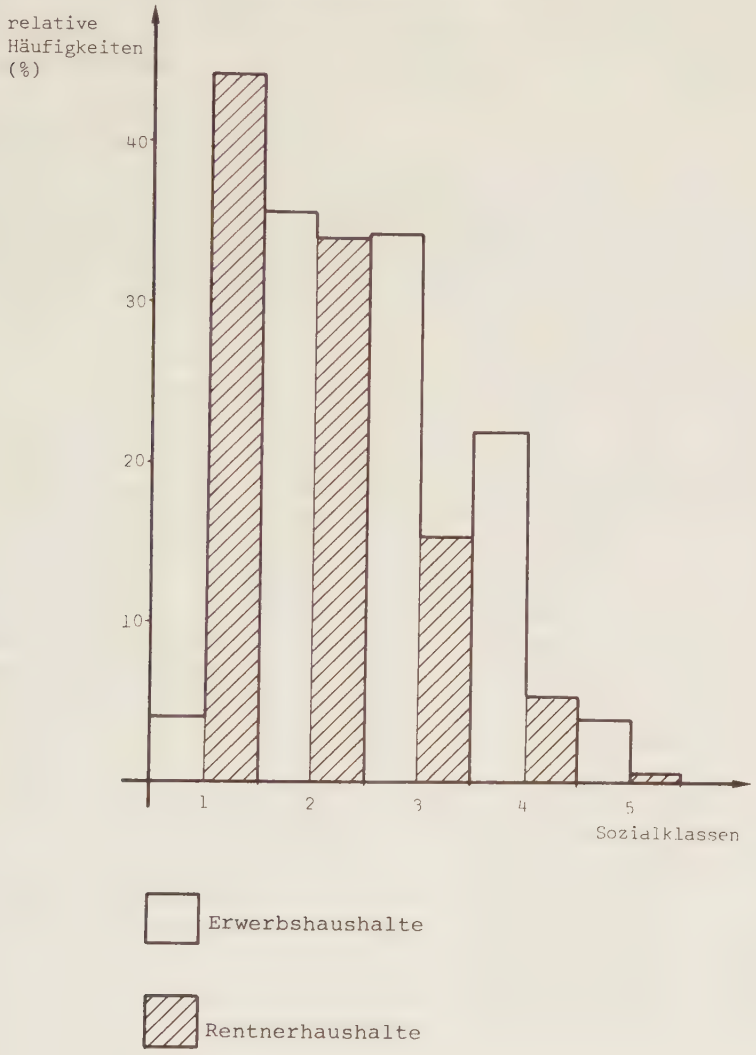
Das Häufigkeitshistogramm in Abbildung 8 verdeutlicht die so gewonnenen Gewichte. Dabei geben die schraffierten Flächen die Anteile der Rentnerhaushalte und die weissen Flächen die Anteile der Erwerbshaushalte jeder Sozialklasse wieder.

21 Zur genauen Beschreibung der Durchführung dieser Stichprobe vgl. *M. Euler* (22).

22 Dieses Datenmaterial (Mat. EVSIXX) wurde vom Statistischen Bundesamt Wiesbaden in Form von Magnetbandkopien bezogen.

23 Als Nettoeinkommen wurden dabei die monatlichen Einkünfte aller Haushaltsmitglieder aus Erwerbstätigkeit, Rente, Pension, Vermietung und Verpachtung u. ä., abzüglich Steuern und Pflichtbeiträge zur Sozialversicherung, definiert. Vgl. Fragebogen zur Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 1969, Frage 11 Seite 5.

Abbildung 8: Empirische relative Häufigkeiten der Sozialklassen



b) Neben der Berechnung dieser Gewichte liess das detaillierte Datenmaterial, nach der Festlegung der Sozialklassen und der Abgrenzung von Erwerbs- und Rentnerhaushalten, die Ermittlung der *durchschnittlichen Anzahl Erwerbstätiger und die durchschnittliche Haushaltsgrösse* [24] für jede Sozialklasse durch einfache Mittelwertbildung zu.

c) Als letzte Werte waren im Rahmen der Auswertung der EVS69 die *Gewichte der Wohnungsgrössen und -Ausstattungswünsche* für jede Sozialklasse zu bestimmen. Aufgrund der Angabe der Wohnfläche und der Mietzahlung (resp. der Kennzeichnung der Eigentümerwohnung) war für jeden Haushalt eine Zuordnung nach der Sozialklasse sowie den Wohnungsmerkmalen vorzunehmen und daraus die entsprechenden empirischen relativen Häufigkeiten zu berechnen.

325 Ermittlung der Reisezeiten und Widerstandsfunktionen

Wie schon in der Modellformulierung im zweiten Kapitel erwähnt, wurde im Rahmen der vorliegenden praktischen Anwendung lediglich die Reisezeit als räumlicher Faktor berücksichtigt. Dabei erschien es sinnvoll, diese Zeiten nicht in ihrer absoluten Höhe, sondern in Intervallen zu messen, da man davon ausgehen kann, dass Individuen Unterschiede in Reisezeiten nur erkennen, wenn solche Änderungen gewisse Schwellenwerte überschreiten [25]. Dies um so mehr, als ohnehin nur durchschnittliche Reisezeiten ermittelt werden können, die tatsächlichen Fahrzeiten in ihrer täglichen Abfolge jedoch teilweise beträchtliche Bandbreiten aufweisen. Es galt somit, vor der Bestimmung der Reisezeit eine Klassenzuordnung vorzunehmen, die wie folgt festgelegt wurde:

	Reisezeit:
Klasse 1	Intrazonale Reisezeit [26]
Klasse 2	unter 15 Min.
Klasse 3	15 Min. bis unter 30 Min.
Klasse 4	30 Min. bis unter 45 Min.
Klasse 5	45 Min. bis unter 60 Min.
Klasse 6	60 Min. bis unter 75 Min.
Klasse 7	über 75 Min.

24 Auch diese Grössen wurden aus Gründen der Datenkonsistenz mit der Zahl der Haushalte bzw. der Wohnbevölkerung abgestimmt, wobei es sich für die Haushaltsgrösse als zweckmässig erwiesen hat, dies nach Stadtgebiet und Umland getrennt durchzuführen.

25 Es ist zu beachten, dass diese Aussage im Zusammenhang mit einem Modell der Wohnplatzwahl gemacht wird. Sie ist nicht ohne weiteres auf Modelle der Verkehrswegewahl zu übertragen.

26 Da das Modell eine Zone auf ihren Mittelpunkt reduziert, existiert im strengen Sinne keine Reisezeit innerhalb einer Zone. Die übrigen Reisezeiten sind somit als Reisezeiten zwischen verschiedenen Zonenzentren zu verstehen. Daher erklären sich die relativ grossen Intervalle.

a) Die vollständige Matrix der *Reisezeitklassen* konnte aufgrund der Klassenzuordnung aus den Fahrzeiten des privaten Verkehrs zwischen Zonenmittelpunkten errechnet werden. Diese Fahrzeiten wurden durch Gewichtung der Weglängen des Hauptverkehrsstrassennetzes mit durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeiten ermittelt, wobei die jeweils für einen Strassenabschnitt zugrunde gelegte Geschwindigkeit von dessen Beschaffenheit abhängig war.

b) Als weitere Eingabedaten waren die *Widerstandsfunktionen* und deren *Zuordnung zu Zonen,* für die sie Gültigkeit besitzen, zu erfassen. Als Schätzwerte für die Widerstandsfunktionen wurden dabei die empirischen relativen Häufigkeiten der in den einzelnen Fahrzeitklassen beobachteten Pendlerzahlen verwendet. Bei der detaillierten Auswertung dieser Zahlen zeigte sich, dass sich diese Zusammenhänge nicht durch lediglich *eine* Funktion annähern liessen, sondern sehr starke Unterschiede [27] (je nach Lage der Beschäftigungszonen) zu verzeichnen waren. So wurden durch Zusammenfassung zonaler Einzelergebnisse acht Widerstandsfunktionen ermittelt, die jeweils nur für eine bestimmte, durch die Zuordnung definierte Menge von Arbeitszonen Gültigkeit besitzen [28]. Zur Verdeutlichung der Unterschiedlichkeit werden diese Funktionen für die Stadt Mannheim in Abbildung 9 und für das Umland in Abbildung 10 dargestellt [29]. Die Punkte wurden dabei nur zur Veranschaulichung durch Linien verbunden; für diskrete Funktionen geben sie natürlich keine zulässigen Werte wieder. In der Karte in Abbildung 11 wird die Zuordnung der Stadtzonen zu den fünf, für das Stadtgebiet gültigen Widerstandsfunktionen angegeben.

Bei allen bisherigen Überlegungen zu Reisezeiten und Widerstandsfunktionen wurde das Problem der fiktiven Zone nicht behandelt. Um die unterschiedliche Attraktivität der Zonen für Rentnerhaushalte besser zu erfassen, wurde von der in Abschnitt 231 angesprochenen Möglichkeit unterschiedlicher „Reisezeiten" zur fiktiven Zone Gebrauch gemacht und die sieben Reisezeitindices je nach Höhe der Rentnerzahlen aufgeteilt. Danach liess sich auf analoge Weise eine Widerstandsfunktion berechnen, die lediglich für die fiktive Zone Gültigkeit besitzt.

Damit ist die Beschreibung der Erfassung und Aufbereitung der Daten abgeschlossen. Wie sich gezeigt hat, musste kein zusätzliches, aus der amtlichen Statistik nicht zu ermittelndes Material verwendet werden. In einem nächsten Abschnitt werden nun die Ergebnisse der Modellrechnungen einer näheren Betrachtung unterzogen.

27 In besonderem Masse zeigte sich dies bei Umlandzonen im Gegensatz zu Stadtzonen.

28 An dieser Stelle ist eine gewisse Analogie zur Kalibrierung der *Lowry*-Modelle gegeben. Es ist jedoch zu beachten, dass hier keine unerklärten Parameter angepasst, sondern lediglich Einzelfunktionen zu Gruppen zusammengefasst werden.

29 Diese Abbildungen wurden durch das Time-Sharing-System APL erzeugt. Zur besseren Unterscheidung der einzelnen Kurvenverläufe wurden die Datenpunkte durch die Nummern der Funktionen gekennzeichnet (im Falle mehrerer Nummern wurde die jeweils niedrigste gedruckt).

Abbildung 9: Widerstandsfunktionen des Stadtbereiches

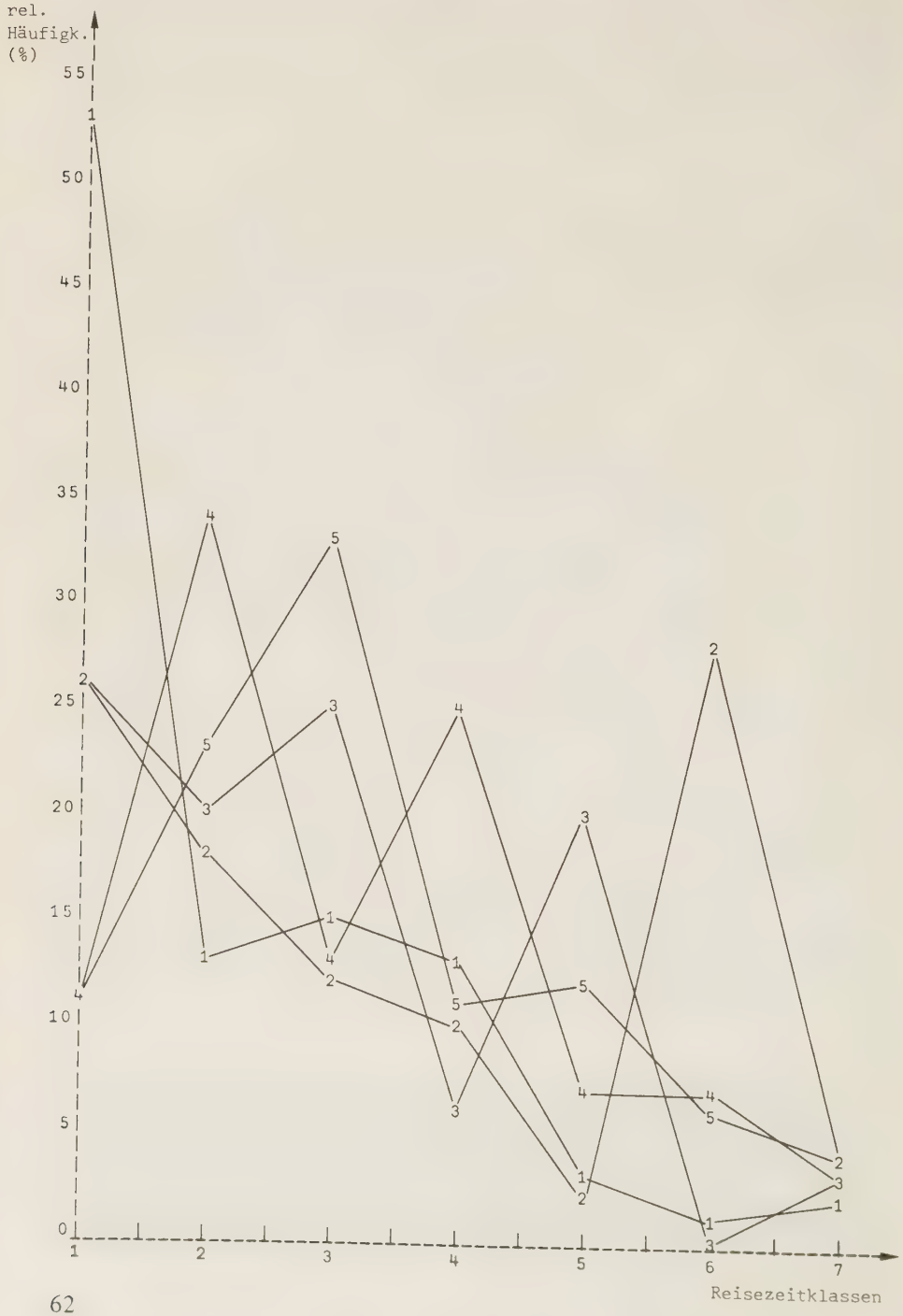
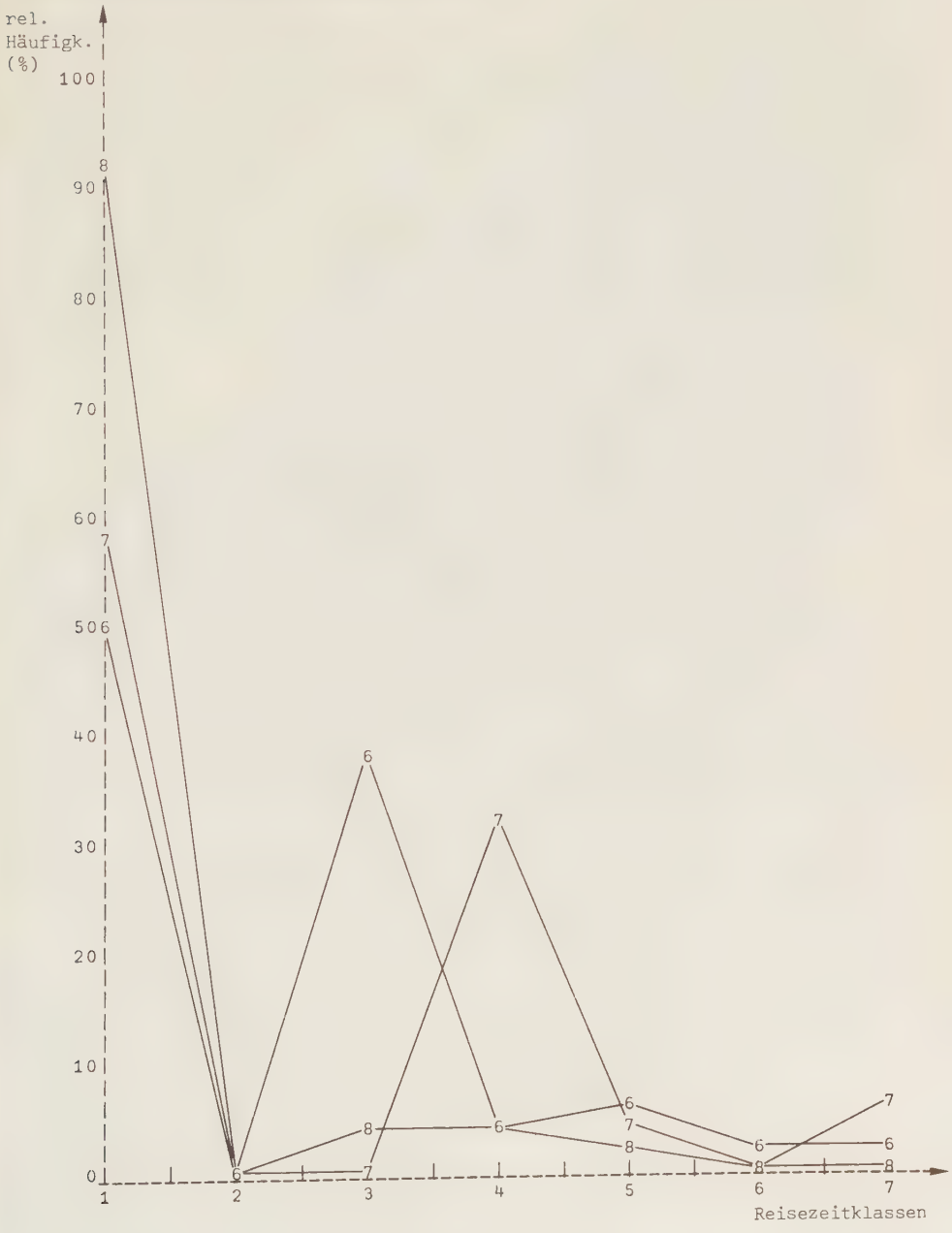


Abbildung 10: Widerstandsfunktionen des Umlandes



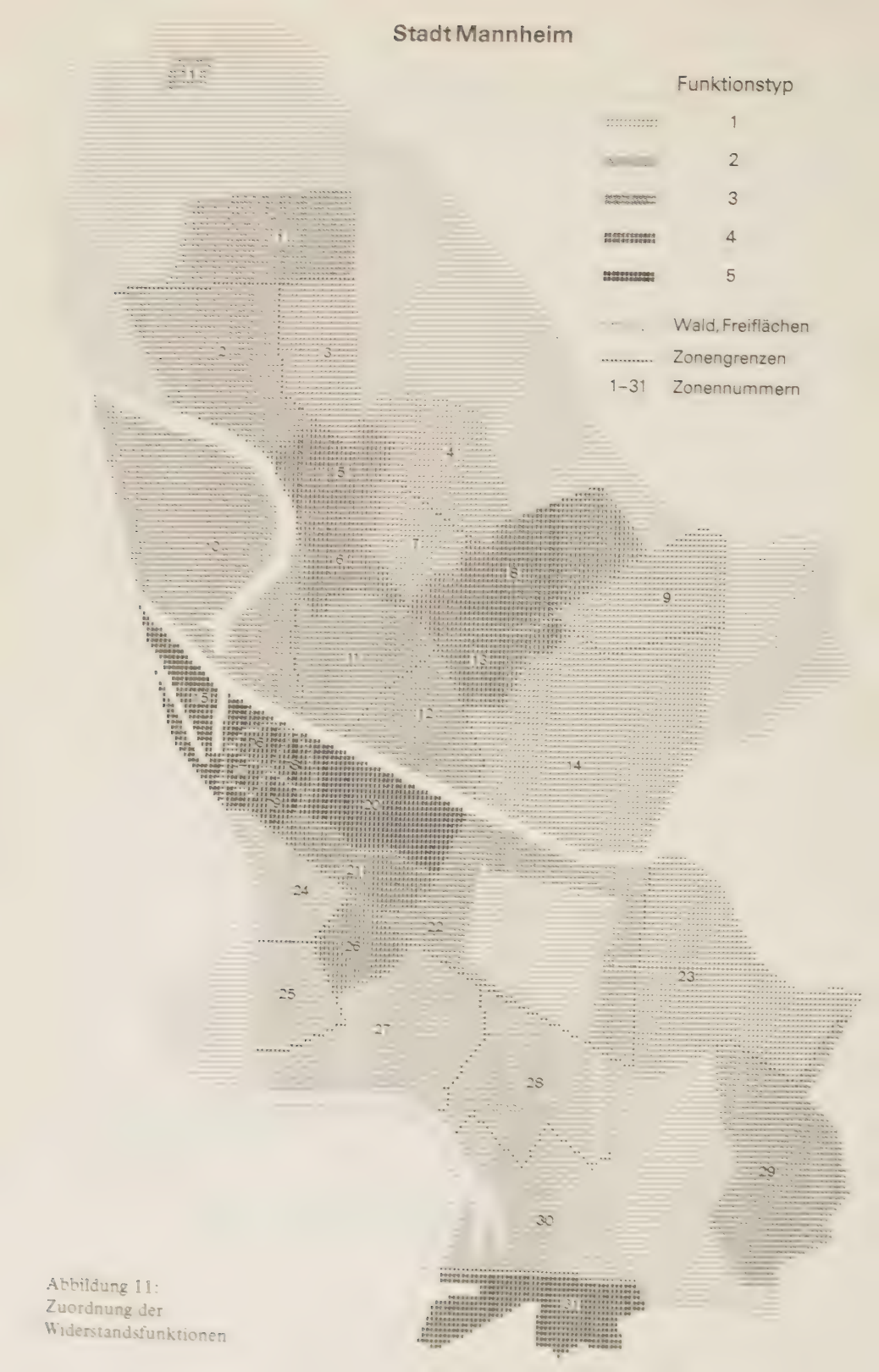


Abbildung 11:
Zuordnung der
Widerstandsfunktionen

33 Ergebnisse der Modellrechnungen

Wie schon zu Beginn des voranstehenden Abschnittes gesagt, waren im Zuge der Modellentwicklung eine Reihe von Testrechnungen nötig, durch die Fehlerquellen im Modellaufbau oder in der Datenerfassung analysiert und beseitigt werden konnten. Es wäre nun wenig sinnvoll, die Stufen der Modellentwicklung durch die Darstellung der Resultate der einzelnen Testläufe nachzuvollziehen. Es werden im folgenden lediglich die endgültigen Modellrechnungen dargestellt. Hierbei wird mit der Analyse der Berufspendlerströme begonnen, da sich diese Grössen durch die Wiedergabe von Wohnplatz *und* Arbeitsplatz zur Beurteilung der Abbildungsqualität des Modells sehr gut eignen. Daran werden sich Ergebnisse der Wohnbevölkerungs-, Rentner- und Sozialklassenverteilung anschliessen.

331 Berufspendlerströme

Vor der Bewertung der Abbildungsqualität des Modells erhebt sich die Frage nach der Wahl geeigneter Kriterien. Einerseits bedarf es dabei objektiver Masszahlen, die sicherstellen, dass alle Abweichungen relevanter Pendlerströme erfasst werden, andererseits müssen diese Kriterien aber auch inhaltlich interpretierbar sein.

Unter diesem Gesichtspunkt erscheint der Fehlverteilungsfaktor[30] der Berufspendler als brauchbares Kriterium. Er ist definiert als die halbe absolute Summe der Abweichungen der simulierten und tatsächlich beobachteten Berufspendler. Dieser Faktor deckt sich inhaltlich gerade mit der Zahl der Pendler, die vom Modell falschen Wohnzonen zugeordnet werden. Die Halbierung der Abweichungen entspringt der Überlegung, dass jeder fehlerhaft zugeordnete Pendler notwendigerweise in der richtigen Wohnzone fehlen muss und somit zweimal als Abweichung gezählt wird.

Bezeichnet man in Abänderung der bisher gültigen Symbolik die tatsächlich beobachteten Pendlerströme mit P_{ij} und die durch das Modell simulierten analogen Grössen mit $\hat{P}_{ij}$, so ergibt sich der Fehlverteilungsfaktor (FV) jeder Beschäftigungszone aus folgender Beziehung:

$$(80)\quad FV_j = \frac{1}{2} \sum_i |P_{ij} - \hat{P}_{ij}|$$

für alle j.

30 Diese Grösse wurde in Anlehnung an den im angelsächsischen Sprachraum üblichen Displaced-Faktor (der Wohnenden) abgeleitet.

Wie man unmittelbar erkennt, ist dieser Wert abhängig von den Grössenordnungen der betrachteten Pendlerbeziehungen, was eine Relativierung als sinnvoll erscheinen lässt. Für den relativen Fehlverteilungsfaktor (RFV) folgt somit:

$$(81)\quad RFV_j = \frac{1}{2} \frac{\sum_i |P_{ij} - \hat{P}_{ij}|}{\sum_i P_{ij}}$$

für alle j.

Der relative Fehlverteilungsfaktor gibt nun für jede Zone den Anteil der Beschäftigten an, die effektiv falschen Wohnzonen zugeordnet wurden.

Neben diesen zonalen Faktoren, die nach einzelnen Zonen detailliert Aufschluss über Abweichungen geben, erhält man durch globale Faktoren [31] Hinweise auf die durchschnittliche Abbildungsqualität. Sie ergeben sich analog zu (80) und (81) wie folgt:

$$(82)\quad FV^* = \frac{1}{2} \sum_i \sum_j |P_{ij} - \hat{P}_{ij}|$$

und

$$(83)\quad RFV^* = \frac{1}{2} \frac{\sum_i \sum_j |P_{ij} - \hat{P}_{ij}|}{\sum_i \sum_j P_{ij}}$$

Die genannten Kriterien sind in erster Linie bezüglich des Untersuchungsgebietes von Interesse, da nur für die sogenannten Binnenzonen mit Hilfe des Modells Aussagen gemacht werden können [32]. Diese Binnen-Fehlverteilungsfaktoren, die sich aus den Beziehungen (80) bis (83) durch Beschränkung der Zonenindices auf die Stadtzonen ergeben, sind in der umseitigen Tabelle 2 wiedergegeben.

Diese Zahlen vermitteln nun eine Reihe wichtiger Aufschlüsse zur Beurteilung der Abbildungsqualität des vorliegenden Modells. So wurde ein falscher Wohnplatz im Durchschnitt lediglich 17,5 Prozent [33] der Beschäftigten zugeordnet. Berücksichtigt man die Zahl der zu schätzenden Pendlerbeziehungen (über 151 000), so kann das Ergebnis, dass ungefähr nur jeder sechste Pendler fehlerhaft simuliert wurde, als hinreichend genau gewertet werden. Bei näherer Analyse der Fehlverteilungsfaktoren in Tabelle 2 lässt sich eine weitere positive Eigenschaft des Modells

31 Diese werden durch das Superscript * gekennzeichnet.

32 Nur für das Untersuchungsgebiet ist das gesamte relevante Umland einbezogen. Vgl. Kapitel 2.

33 Bei Berücksichtigung aller Berufspendlerströme (d. h. auch der Beziehungen des Umlandes) reduziert sich der Fehlverteilungsfaktor sogar auf 14,0 Prozent.

Tabelle 2: Binneneinpendler mit Fehlverteilungsfaktoren

Zone	Binneneinpendler[1]	zonaler Fehlverteilungsfaktor	
		absolut	relativ (%)
1 Blumenau	669	144	21,5
2 Sandhofen	5380	1562	29,0
3 Schönau	1011	128	12,7
4 Gartenstadt	898	183	20,4
5 Waldhof	5536	1293	23,4
6 Luzenberg	9692	1861	19,2
7 Speckweggebiet	1411	512	36,3
8 Käfertal	7722	1407	18,2
9 Vogelstang	837	222	26,5
10 Neckarstadt-West	12245	1662	13,6
11 Neckarstadt-Ost	7566	1338	17,7
12 Wohlgelegen	5388	859	15,9
13 Käfertal-Süd	4134	818	19,8
14 Feudenheim	2854	382	13,4
15 Jungbusch	5805	1085	18,7
16 Westl. Unterstadt	5662	797	14,1
17 Westl. Oberstadt	4274	680	15,9
18 Östl. Unterstadt	8544	1437	16,8
19 Östl. Oberstadt	10976	1329	12,1
20 Oststadt	14384	2002	13,9
21 Schwetzingerstadt	5194	832	16,0
22 Neuostheim	2241	515	23,0
23 Seckenheim	1592	231	14,5
24 Lindenhof	4577	694	15,2
25 Niederfeld	1079	195	18,1
26 Almenhof	3898	587	15,1
27 Neckarau	9015	1451	16,1
28 Casterfeld	862	141	16,4
29 Friedrichsfeld	2282	753	33,0
30 Rheinau	5043	1229	24,4
31 Rheinau-Süd	399	152	38,1
Summe	151170		
globaler Fehlverteilungsfaktor		26481	17,5

1 einschliesslich intrazonalen Pendlern

erkennen, nämlich die Tendenz, Verknüpfungen von Zonen mit grossem Pendlerpotential genauer abzubilden als Ströme kleinerer Zonen. So weist beispielsweise die kleinste Zone (31 Rheinau-Süd) mit 38,1 Prozent den grössten Fehler auf, während alle drei Zonen mit mehr als 10 000 Binneneinpendlern mit einem Fehlverteilungsfaktor unter 14 Prozent simuliert wurden. In Tabelle 3 wird in einer Kreuz-

tabellierung durch die Angabe der jeweiligen Anzahl der Stadtzonen der Zusammenhang von Zonengrösse [34] und Fehlverteilungsfaktor aufgezeigt, wobei die angesprochene Tendenz deutlich bestätigt wird.

Tabelle 3: Anzahl der Stadtzonen, aufgeteilt nach Binneneinpendlern und Fehlverteilungsfaktoren

Binneneinpendler[1] \ Fehlverteilungsfaktor	unter 15 %	15 % bis 16,9 %	17 % bis 19,9 %	20 % bis 30 %	über 30 %	Summe
unter 3000	3	1	1	4	3	12
3000 bis 4999	–	3	1	–	–	4
5000 bis 7499	1	2	1	3	–	7
7500 bis 10000	–	2	3	–	–	5
über 10000	3	–	–	–	–	3
Summe	7	8	6	7	3	31

1 einschliesslich intrazonalen Pendlern

Es zeigt sich, dass von 10 Zonen, die mit über 20 Prozent Fehlverteilung einen relativ schlechten Wert aufweisen, 7 Zonen der kleinsten Kategorie zugerechnet werden müssen, die Fehler somit verstärkt in kleinen, weniger bedeutsamen Zonen auftreten. Diese Eigenschaft lässt sich auch in der geographischen Verteilung der Fehlverteilungsfaktoren in Abbildung 12 verdeutlichen. Hier zeigt sich, dass vorwiegend die relativ kleinen, sehr weit vom Zentrum entfernt liegenden Zonen am nördlichen und südlichen Ende der Stadt mit grösseren Abweichungen simuliert wurden.

Wurden durch die Berechnung der Fehlverteilungsfaktoren Durchschnittswerte für die Genauigkeit der Simulation jeder Arbeitszone ermittelt, so wird im folgenden die Genauigkeit der einzelnen Beziehungen untersucht. Zu diesem Zweck werden relative Abweichungen der Pendlerströme berechnet, sofern wenigstens ein Ausgangspunkt [35] innerhalb des Untersuchungsgebietes liegt. Dabei erscheint es wenig sinnvoll, auch kleinste Pendlerströme zu berücksichtigen, da hier selbst unbedeutende Abweichungen durch die geringe Feldbesetzung zu sehr grossen Fehlerquoten führen. Die relativen Abweichungen werden somit nur dann berechnet, wenn der jeweils beobachtete Pendlerstrom eine vorgegebene Unter-

34 Der Begriff „Zonengrösse" ist an dieser Stelle selbstverständlich in bezug auf die Binneneinpendlerzahlen zu verstehen und keineswegs im Sinne geographischer Ausdehnung.

35 D. h. Wohnplatz oder Arbeitsplatz

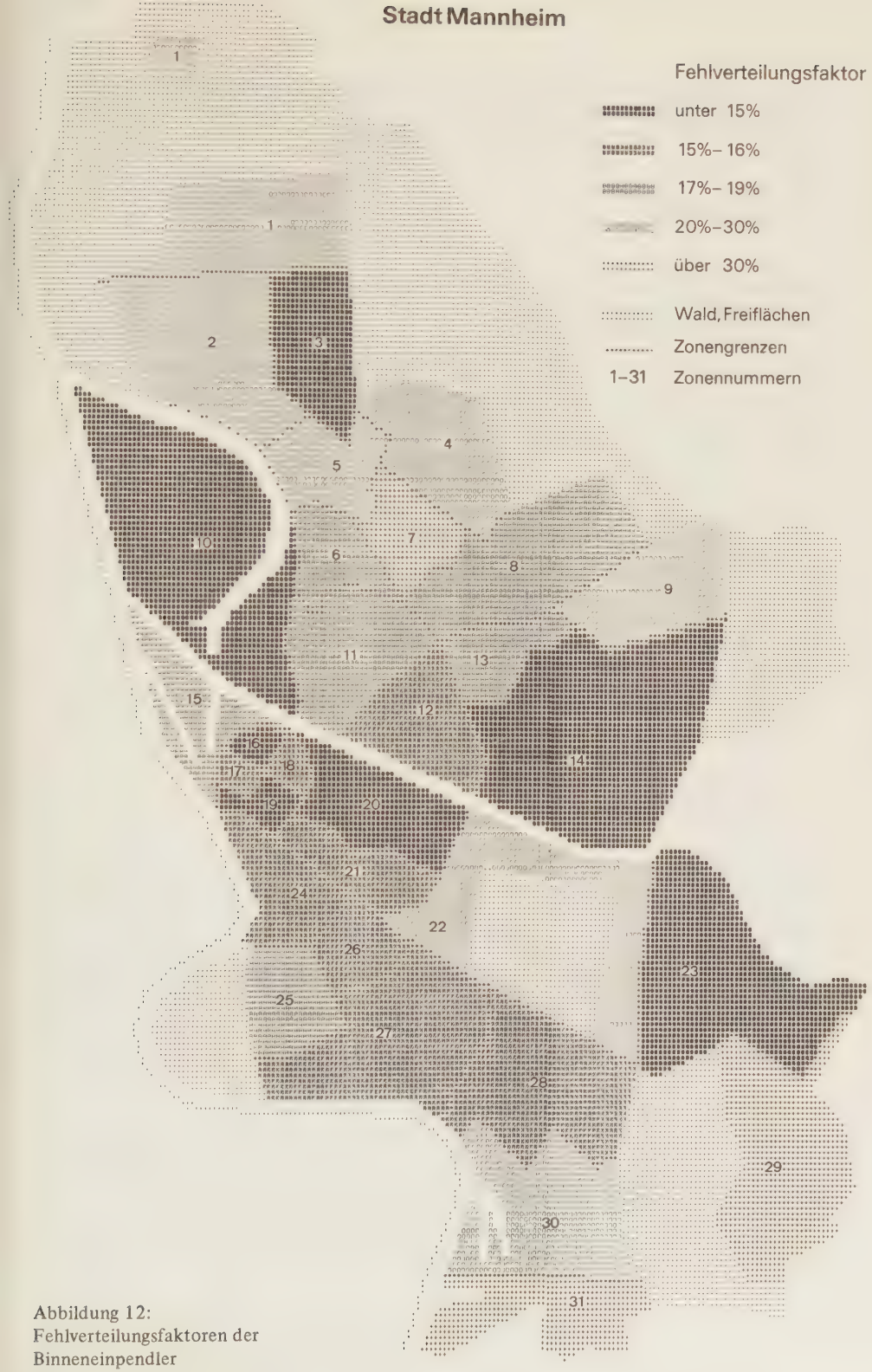


Abbildung 12:
Fehlverteilungsfaktoren der Binneneinpendler

schranke überschreitet. Unter Verwendung der bereits eingeführten Symbolik und der Bezeichnung der Unterschranke mit P_{min} folgt für die relative Abweichung (RA):

$$(84)\quad RA_{ij} = \frac{|P_{ij} - \hat{P}_{ij}|}{P_{ij}} \quad \text{für } P_{ij} > P_{min}$$

Zur Erleichterung der Darstellung der Ergebnisse werden die relativen Abweichungen in 11 Klassen zusammengefasst.

In Abbildung 13 sind diese Werte für alternative Unterschranken angegeben, wobei die schraffierten Teile der Balken die Schwankungsbreite der Ergebnisse darstellen. Der Berechnung liegen dabei minimale Pendlerströme von 50, 100, 150, 200 und 250 Personen zugrunde, was bei den Grössenordnungen der Pendlerzahlen der Stadt Mannheim als sinnvoll erscheint.

Dieser Abbildung ist zu entnehmen, dass zwischen 13 Prozent und 16 Prozent aller berücksichtigten Pendlerströme weniger als 10 Prozent Abweichungen [36] aufwiesen und zwischen 70 Prozent und 78 Prozent der Beziehungen unter der 60 Prozent-Schranke lagen. Betrachtet man für praktische Anwendungen diese Fehlerschranke als hinreichend genau, so erfüllen etwa drei Viertel aller genügend grossen Pendlerströme (min. 50 Personen) das Kriterium. Etwa 10 Prozent müssen dagegen in der Klasse über 100 Prozent als sehr starke „Ausreisser" bezeichnet werden.

Nach der Analyse der Berufspendlerergebnisse wird im nächsten Abschnitt nun die Abbildung der Wohnbevölkerung näher untersucht.

332 Wohnbevölkerung

Die Wohnbevölkerung der Zonen stellt eine weitere wichtige planerische Information dar. Aus diesem Grunde wird in Tabelle 4 die vom Modell simulierte Wohnbevölkerung mit den 1970 im Zuge der Volkszählung erhobenen Werten verglichen. Darüber hinaus wird ein Fehlverteilungsfaktor angegeben, der sich in der bereits bekannten Weise ableiten lässt. Dieser Tabelle ist zu entnehmen, dass im Stadtgebiet Mannheim durchschnittlich 4,5 Prozent [37] der Wohnbevölkerung falschen Zonen zugeteilt wurde. Auch hier lässt sich die bereits an anderer Stelle angesprochene Tendenz, grössere Zonen genauer abzubilden als kleinere, wieder grundsätzlich

36 Es ist zu beachten, dass bei der Analyse der Einzelergebnisse die Tatsache, dass ein fehlerhaft zugeordneter Pendler notwendigerweise in der eigentlich richtigen Beziehung fehlt, nicht berücksichtigt werden kann. Dieser Sachverhalt muss jedoch Eingang in die Interpretation der Zahlen finden.

37 Wie schon bei der Abbildung der Berufspendlerströme, reduziert sich dieser Wert unter Einbeziehung des Umlandes beträchtlich (auf 2,8 Prozent).

Abbildung 13: Kumulierte relative Häufigkeiten der Pendlerströme in Abhängigkeit relativer Abweichungen

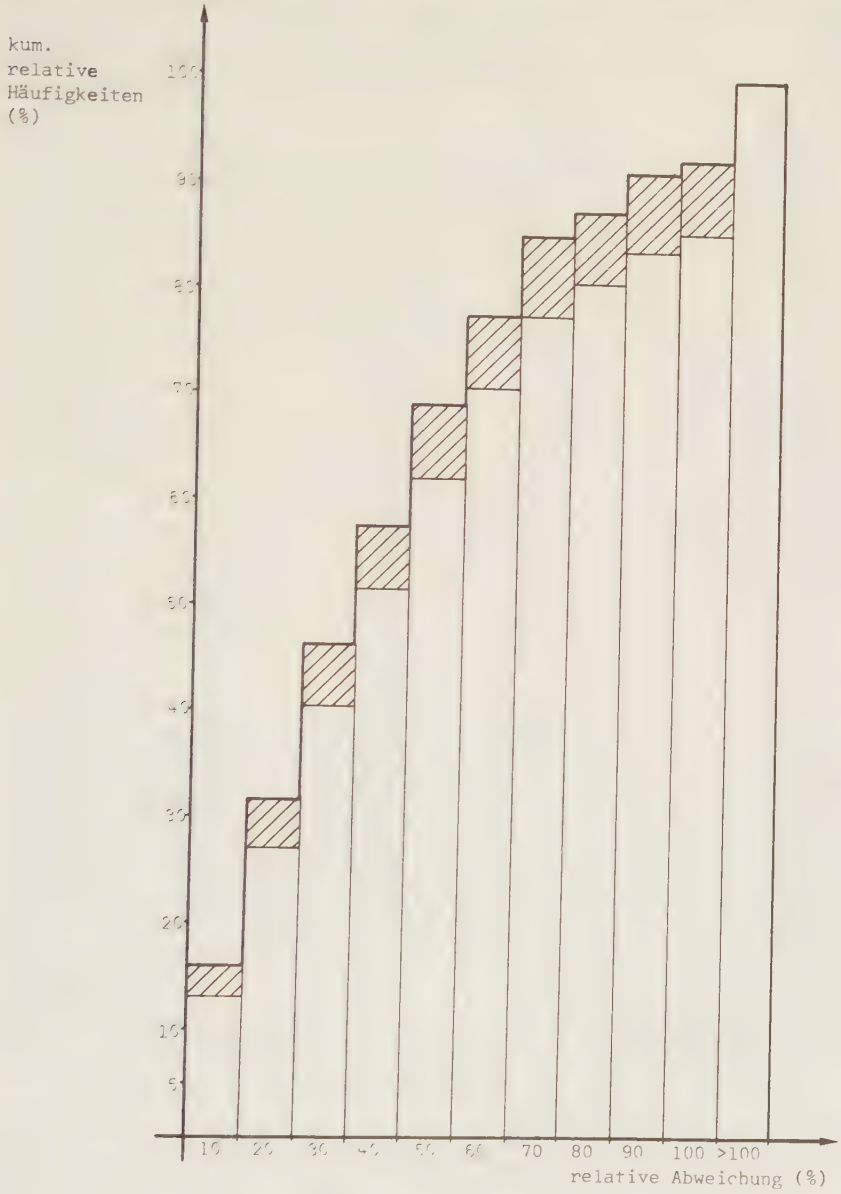


Tabelle 4: Wohnbevölkerung mit Fehlverteilungsfaktoren

Zone	Wohnbevölkerung		Abweichung	zonaler Fehlverteilungsfaktor (%)
	Modell	VZ 1970		
1 Blumenau	2043	2247	– 204	4,5
2 Sandhofen	14515	14777	– 262	0,9
3 Schönau	12278	15311	– 3033	9,9
4 Gartenstadt	13059	14357	– 1298	4,5
5 Waldhof	6578	6969	– 391	2,8
6 Luzenberg	3695	4031	– 336	4,2
7 Speckweggebiet	11148	14110	– 2962	10,5
8 Käfertal	9934	10014	– 80	0,4
9 Vogelstang	10444	12623	– 2179	8,6
10 Neckarstadt-West	24777	23917	860	1,8
11 Neckarstadt-Ost	24455	23995	460	1,0
12 Wohlgelegen	6146	6291	– 145	1,2
13 Käfertal-Süd	7177	6734	443	3,3
14 Feudenheim	22673	21540	1133	2,6
15 Jungbusch	6240	6079	161	1,3
16 Westl. Unterstadt	11539	10317	1222	5,9
17 Westl. Oberstadt	4270	4132	138	1,7
18 Östl. Unterstadt	9425	7847	1578	10,1
19 Östl. Oberstadt	5608	4598	1010	11,0
20 Oststadt	18356	15693	2663	8,5
21 Schwetzingerstadt	14089	12006	2083	8,7
22 Neuostheim	7956	8491	– 535	3,2
23 Seckenheim	9650	10361	– 711	3,4
24 Lindenhof	18575	16464	2111	6,4
25 Niederfeld	2202	2480	– 278	5,6
26 Almenhof	10249	9513	736	3,9
27 Neckarau	18933	18567	366	1,0
28 Casterfeld	7182	7471	– 289	1,9
29 Friedrichsfeld	5735	6677	– 942	7,1
30 Rheinau	10922	11839	– 917	3,9
31 Rheinau-Süd	2308	2712	– 404	7,5
Summe	332161	332163	29930[1]	
globaler Fehlverteilungsfaktor (%)				4,5

1 absolute Summe

bestätigen. So ergibt sich z. B. aus Tabelle 5, dass sämtliche Zonen mit mehr als 20 000 Einwohnern mit einem Fehlverteilungsfaktor unter 3 Prozent simuliert wurden, und dass dieser Gruppe über 35 Prozent aller Stadtzonen angehören (11 Zonen). Wenn auch die Tendenz der besseren Abbildung grosser Zonen nicht so eindeutig gezeigt werden kann, wie im Falle der Berufspendlersimulation, so ist

jedoch festzustellen, dass mit einem durchschnittlichen Fehlverteilungsfaktor von 4,5 Prozent und einem Maximalwert von 11,0 Prozent (in Zone 19) die Ansprüche, die an die Genauigkeit solcher Modelle gerichtet werden sollten, durchaus als erfüllt zu betrachten sind. Solche Abweichungen liegen in vielen Fällen schon unterhalb der Planungsgenauigkeit.

Tabelle 5: Anzahl der Stadtzonen, aufgeteilt nach Wohnbevölkerung und Fehlverteilungsfaktoren

Wohnbevölkerung \ Fehlverteilungsfaktor	unter 3 %	3 % bis 3,9 %	4 % bis 5,9 %	6 % bis 9 %	über 9 %	Summe
unter 5000	1	–	3	1	1	6
5000 bis 9999	4	3	–	1	1	9
10000 bis 14999	2	2	2	2	1	9
15000 bis 20000	1	–	–	2	1	4
über 20000	3	–	–	–	–	3
Summe	11	5	5	6	4	31

333 Rentner

Die Zahlen der Rentner[38] bieten eine weitere Möglichkeit, die Genauigkeit der Simulation an der Wirklichkeit zu messen. Da die Rentner einen Teil der Wohnbevölkerung darstellen und auch hier ein Vektor von Modellergebnissen einem Vektor beobachteter Werte gegenübergestellt wird, kann ein solcher Vergleich in der bereits bekannten Weise erfolgen. Die entsprechenden Angaben können der Tabelle 6 entnommen werden. Dabei ergibt sich, dass das Modell durchschnittlich 8,4 Prozent[39] der Rentner falschen Wohnzonen zuordnete. Wie Tabelle 7 zeigt, traten wiederum die relativ grossen Abweichungen verstärkt in kleineren Zonen (mit weniger als 1000 Rentnern) auf.

Bei der Analyse der grösseren Abweichung ist noch eine weitere Besonderheit zu erkennen. Betrachtet man die drei letzten Spalten in Tabelle 6, so zeigt sich, dass von 15 Zonen die einen Fehlverteilungsfaktor von über 10 Prozent aufweisen, für 11 Zonen ein Zusammenhang besteht zwischen Fehlverteilung und dem Anteil der Wohnbevölkerung, die 1970 nicht in privaten Haushalten lebte. So wurde in diesen

38 Es sei an dieser Stelle wieder darauf hingewiesen, dass der Begriff „Rentner" im Rahmen dieser Arbeit in seiner weitesten Fassung verwendet wird. Vgl. die Abschnitte 21, 231 und 322.

39 Durch Einbeziehung der Umlandergebnisse reduziert sich der Wert auf 4,9 Prozent.

Tabelle 6: Rentner mit Fehlverteilungsfaktoren

Zone	Rentner		Abweichung	zonaler Fehlverteilungsfaktor (%)	Anteil der Anstaltsbevölkerung an der Wohnbevölkerung (%)
	Modell	VZ 1970			
1 Blumenau	365	298	67	11,2	2,3
2 Sandhofen	2745	2260	485	10,7	2,7
3 Schönau	2731	2010	721	17,9	1,2
4 Gartenstadt	2504	2378	126	2,6	2,0
5 Waldhof	1186	1051	135	6,4	3,7
6 Luzenberg	479	614	– 135	11,0	15,1
7 Speckweggebiet	2015	1616	399	12,3	4,7
8 Käfertal	1784	1766	18	0,05	4,9
9 Vogelstang	1080	901	179	9,9	1,1
10 Neckarstadt-West	4565	4416	149	1,7	7,2
11 Neckarstadt-Ost	4200	4895	– 695	7,1	6,8
12 Wohlgelegen	898	1187	– 289	12,2	8,4
13 Käfertal-Süd	1111	1249	– 138	5,5	3,0
14 Feudenheim	4470	3642	828	11,4	1,0
15 Jungbusch	1021	975	46	2,4	4,9
16 Westl. Unterstadt	1640	2029	– 389	9,6	4,5
17 Westl. Oberstadt	521	768	– 247	16,1	18,5
18 Östl. Unterstadt	1130	1366	– 236	8,6	4,4
19 Östl. Oberstadt	470	947	– 477	25,2	8,8
20 Oststadt	2001	2570	– 569	11,1	5,2
21 Schwetzingerstadt	1974	2213	– 239	5,4	1,3
22 Neuostheim	1200	1229	– 29	1,2	3,0
23 Seckenheim	1801	1579	222	7,0	1,9
24 Lindenhof	2172	3058	– 886	14,5	3,4
25 Niederfeld	203	298	– 95	15,9	15,9
26 Almenhof	1285	1893	– 608	16,1	4,2
27 Neckarau	3077	3552	– 457	6,4	6,8
28 Casterfeld	1222	1292	– 70	2,7	2,6
29 Friedrichsfeld	1071	851	220	12,9	7,6
30 Rheinau	1688	1699	– 11	0,03	6,1
31 Rheinau-Süd	420	340	80	11,8	0,0
Summe	53029	54942	9245[1]		
globaler Fehlverteilungsfaktor (%)				8,4	
gesamtstädtischer Durchschnitt (%)					4,6

1 absolute Summe

Zonen die Zahl der Rentner vom Modell dann unterschätzt, wenn der Anteil der Anstaltsbevölkerung über dem gesamtstädtischen Durchschnitt von 4,6 Prozent lag und überschätzt, falls er darunter lag. Diese Eigenschaft rührt daher, dass im Modell lediglich private Haushalte Berücksichtigung finden, Wohnbevölkerung in Anstalten jedoch in erhöhtem Masse der hier definierten Gruppe der Rentner zuzurechnen ist[40]. Da das Modell die Anstaltsbevölkerung behandelt, als lebe sie in privaten Haushalten, müssen vornehmlich dort Unterschätzungen erwartet werden, wo der Anteil dieser Anstaltsbevölkerung (deren Zuordnung offensichtlich anderen Gesetzen unterliegt) die durchschnittlichen Werte übersteigt und umgekehrt.

Tabelle 7: Anzahl der Stadtzonen, aufgeteilt nach Rentnern und Fehlverteilungsfaktoren

Rentner \ Fehlverteilungsfaktor	unter 3 %	3 % bis 7,9 %	8 % bis 11,9 %	12 % bis 15 %	über 15 %	Summe
unter 1000	1	–	4	1	3	9
1000 bis 1499	2	2	1	1	–	6
1500 bis 1999	2	1	–	1	1	5
2000 bis 3000	1	1	3	–	1	6
über 3000	1	2	1	1	–	5
Summe	7	6	9	4	5	31

334 Sozialstrukturen

Die Simulation zonaler Sozialstrukturen stellt im Rahmen der vorliegenden Anwendung[41] das letzte Modellergebnis dar. Dabei ist unter Sozialstruktur die Aufteilung der Haushalte nach ihrer Sozialklassenzugehörigkeit zu verstehen.

Bei der Beurteilung der Genauigkeit der Modellergebnisse tritt das Problem auf, dass die amtliche Statistik keine Unterscheidung der Haushalte nach ihrem Einkommen vornimmt, da ein solches Merkmal kein Bestandteil der Grosszählungen ist

40 So lebten beispielsweise 26,5 Prozent aller 1970 in Zone 19 (östl. Oberstadt) ausgewiesenen Rentner in Altenheimen, -Wohnheimen oder -Pflegeheimen. Darüber hinaus wurden noch 168 Studenten in Wohnheimen gezählt, was einem Anteil von weiteren 17,7 Prozent entspricht.

41 Da einerseits 1970 in Mannheim kein nennenswerter Leerwohnungsbestand vorlag (der Anteil betrug zum Zeitpunkt der Wohnungszählung 1968 etwa 1 Prozent) und andererseits wegen der Konsistenzbedingung für jeden Haushalt eine Wohnung zur Verfügung stehen musste, war eine Angabe freier Kapazitäten oder nicht zuordenbarer Aktivitäten nicht möglich.

und Datenmaterial der Finanzbehörden uneingeschränkten Geheimhaltungsvorschriften[42] unterliegt[43]. Aus diesem Grunde können für die Sozialstrukturen keine direkten Fehlverteilungsfaktoren oder Abweichungskoeffizienten berechnet werden. Trotzdem lässt sich eine Beurteilung der Ergebnisse vornehmen, indem simulierte Sozialstrukturen gewissen, in der Volkszählung erhobenen Substituten für die Sozialstruktur gegenübergestellt werden. Auf diese Weise ergeben sich wenigstens Anhaltspunkte über die Abbildungsqualität des Modells.

In Tabelle 8 werden daher neben den simulierten Prozentanteilen der einzelnen Sozialklassen, die Prozentanteile dreier solcher Substitute angegeben. Da solche Grössen die Sozialstrukturen nur bis zu einem gewissen Genauigkeitsgrad wiedergeben, erschien es notwendig, die Überprüfung der Ergebnisse nicht auf ein Merkmal alleine zu stützen, sondern alle drei Grundeinheiten der Volkszählung (Wohnbevölkerung, Erwerbstätige und private Haushalte) zu berücksichtigen, was zu folgenden drei Vergleichswerten führte:

a) dem Anteil der Wohnbevölkerung mit der Volksschule als höchstem Schulabschluss;
b) dem Anteil der Arbeiter (einschliesslich gewerblicher Lehrlinge) an der Zahl der Erwerbstätigen;
c) dem Anteil der privaten Haushalte, die über einen eigenen Telefonanschluss verfügen.

Zur besseren räumlichen Verdeutlichung der simulierten Sozialklassenverteilung werden in Abbildung 14 die Anteile der niederen Sozialklassen (Klasse 1 und Klasse 2) und in Abbildung 15 die Anteile der höheren Sozialklassen (Klasse 4 und Klasse 5) anhand thematischer Karten wiedergegeben, wobei sich teilweise sehr deutliche Differenzierungen erkennen lassen.

Zur Beurteilung der Ergebnisse werden nun die Zonen, die in den genannten Karten mit den beiden dunkelsten Symbolen gekennzeichnet wurden, zusammengefasst und die jeweilige Ausprägung ihrer Substitutgrössen untersucht.

Beginnt man mit der Auswertung der Abbildung 14, so zeigt sich, dass von zwei Ausnahmen im Falle der Arbeiteranteile abgesehen, sämtliche 13 Zonen, die mit einem Anteil der Sozialklasse 1 und 2 von mehr als 55 Prozent dunkel kartiert wurden, auch bei den jeweiligen Substituten überdurchschnittliche Werte aufweisen. So sind die Zonen mit den sieben höchsten Arbeiteranteilen (über 62 Prozent), mit den acht niedrigsten Anteilen der Telefonausstattung (unter 19 Prozent) und neun höchsten Anteilen an Volksschulabsolventen (über 65 Prozent) dieser Gruppe zuzurechnen. Es ergibt sich also, dass die Zonen, denen modellmässig ein relativ hoher

42 vgl. § 22 Reichsabgabenordnung.

43 Dieser Datenmangel widerspricht jedoch nicht der in dieser Arbeit aufgestellten Forderung, sämtliches Datenmaterial der amtlichen Statistik zu entnehmen, da diese Grössen einerseits lediglich der Verifizierung der Ergebnisse dienen (ebenso wie die Wohnbevölkerung oder die Zahlen der Rentner- und Beschäftigungspendler) und somit keine Dateneingabe darstellen und andererseits gute Substitute aus der Volkszählung ermittelt werden können.

Tabelle 8: simulierte Sozialklassenstruktur mit Substituten aus der Volkszählung 1970

Zone	simulierter Anteil der Haushalte (%)					Anteil VZ 1970 (%)[1]		
	SK 1	SK 2	SK 3	SK 4	SK 5	Volkssch.	Arbeiter	Telefon
1 Blumenau	16,1	36,5	27,3	16,6	3,5	62,8	52,5	29,7
2 Sandhofen	19,5	36,4	27,5	14,2	2,4	66,3	58,8	19,7
3 Schönau	22,6	36,7	26,4	12,4	1,9	65,0	74,8	13,3
4 Gartenstadt	18,0	36,0	27,7	15,6	2,7	58,7	51,0	28,6
5 Waldhof	20,5	38,2	27,7	12,2	1,4	67,9	68,6	17,2
6 Luzenberg	18,7	38,8	29,7	11,4	1,4	74,2	73,2	16,1
7 Speckweggebiet	19,6	35,0	28,1	14,9	2,4	55,3	59,1	26,0
8 Käfertal	18,6	36,8	27,9	14,4	2,3	61,3	47,7	27,8
9 Vogelstang	9,8	32,9	33,5	20,6	3,2	43,6	38,8	46,8
10 Neckarstadt-West	20,7	36,2	27,8	13,3	2,0	70,6	65,0	16,8
11 Neckarstadt-Ost	16,1	36,2	30,2	15,0	2,5	62,8	48,1	28,9
12 Wohlgelegen	17,7	37,8	30,2	12,4	1,9	66,7	53,7	22,2
13 Käfertal-Süd	16,0	37,1	29,5	15,0	2,4	56,6	36,9	31,1
14 Feudenheim	17,5	36,0	27,6	16,0	2,9	51,6	32,8	37,5
15 Jungbusch	19,0	37,5	29,4	12,5	1,6	68,7	64,8	14,9
16 Westl. Unterstadt	18,8	36,7	29,0	13,6	1,9	67,2	60,6	17,6
17 Westl. Oberstadt	13,9	36,6	31,1	16,5	1,9	49,1	29,4	35,8
18 Östl. Unterstadt	14,5	36,0	31,1	16,3	2,1	57,4	36,2	32,0
19 Östl. Oberstadt	11,9	35,9	31,9	17,5	2,8	44,7	19,9	44,9
20 Oststadt	10,6	33,3	31,6	20,5	4,0	37,9	19,8	51,6
21 Schwetzingerstadt	16,7	36,6	30,4	14,6	1,7	58,8	37,0	29,5
22 Neuostheim	11,5	35,4	31,3	18,5	3,3	47,3	37,1	35,6
23 Seckenheim	19,0	37,0	27,4	14,4	2,2	58,8	47,3	20,7
24 Lindenhof	12,6	35,2	31,9	17,6	2,7	48,8	28,8	44,4
25 Niederfeld	7,9	33,0	31,7	22,3	5,1	33,6	25,3	55,4
26 Almenhof	13,3	36,7	31,2	16,4	2,4	55,5	34,4	35,1
27 Neckarau	18,7	36,6	28,3	14,2	2,2	64,3	51,2	20,8
28 Casterfeld	16,5	37,4	28,7	15,2	2,2	61,3	56,3	22,0
29 Friedrichsfeld	19,0	38,0	27,6	13,4	2,0	66,3	62,5	17,3
30 Rheinau	17,0	36,8	30,0	14,3	1,9	64,4	61,5	19,3
31 Rheinau-Süd	17,0	38,9	29,5	13,3	1,3	63,1	75,6	11,9
städtischer Durchschnitt	16,8	36,2	29,3	15,3	2,4	58,7	48,7	28,3

1 vollständige Definition umseitig

Anteil an niederen Sozialklassen zugeordnet wurde, auch in der Volkszählung 1970 überwiegend hohe Anteile an Arbeitern und Volksschulabsolventen auswiesen. Weiterhin war dort die Ausstattung der Haushalte mit eigenem Telefonanschluss überdurchschnittlich gering, was insgesamt als ein Indiz für verstärkte Ansiedlung niederer Sozialklassen zu werten ist.

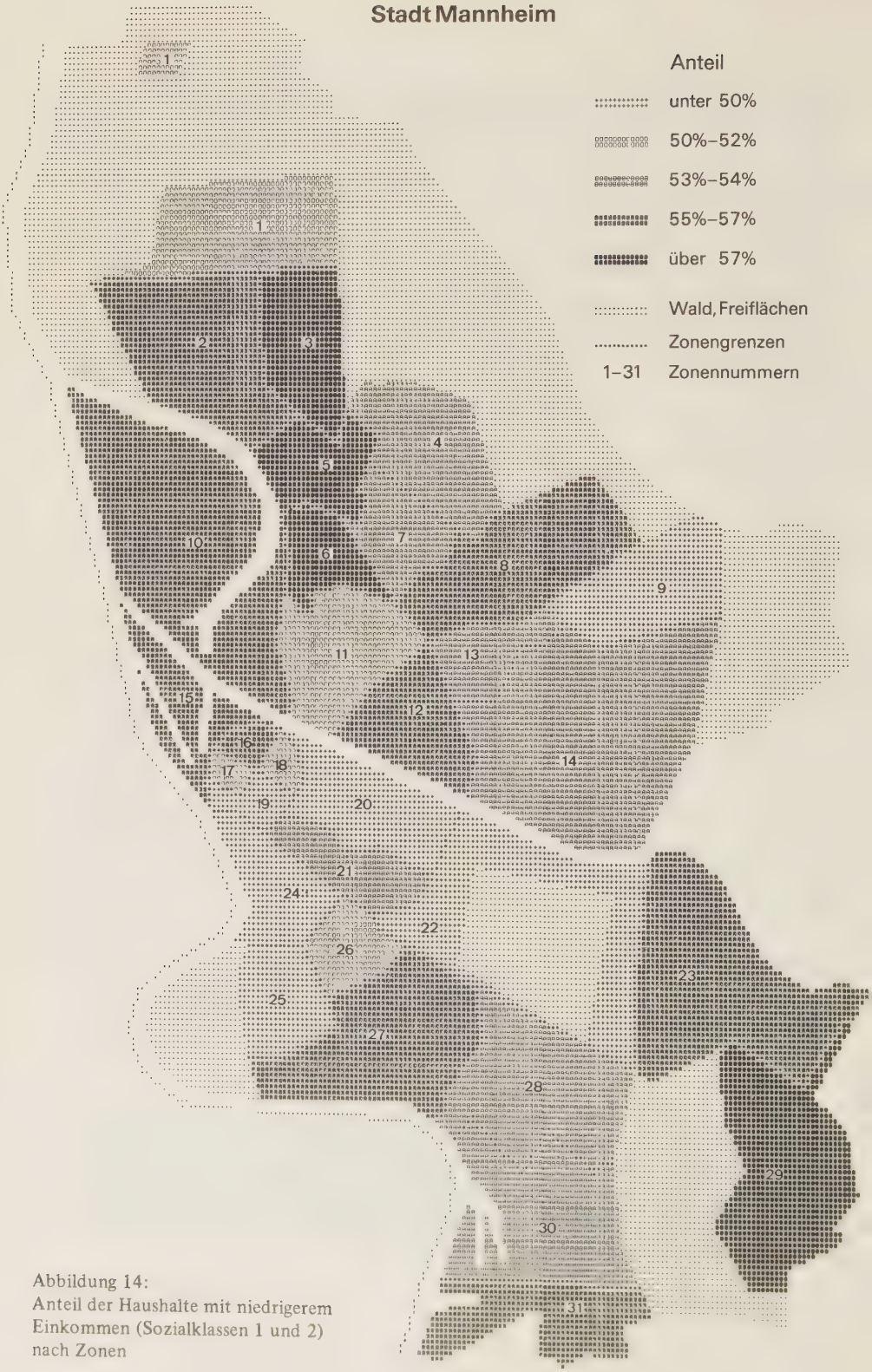


Abbildung 14:
Anteil der Haushalte mit niedrigerem Einkommen (Sozialklassen 1 und 2) nach Zonen

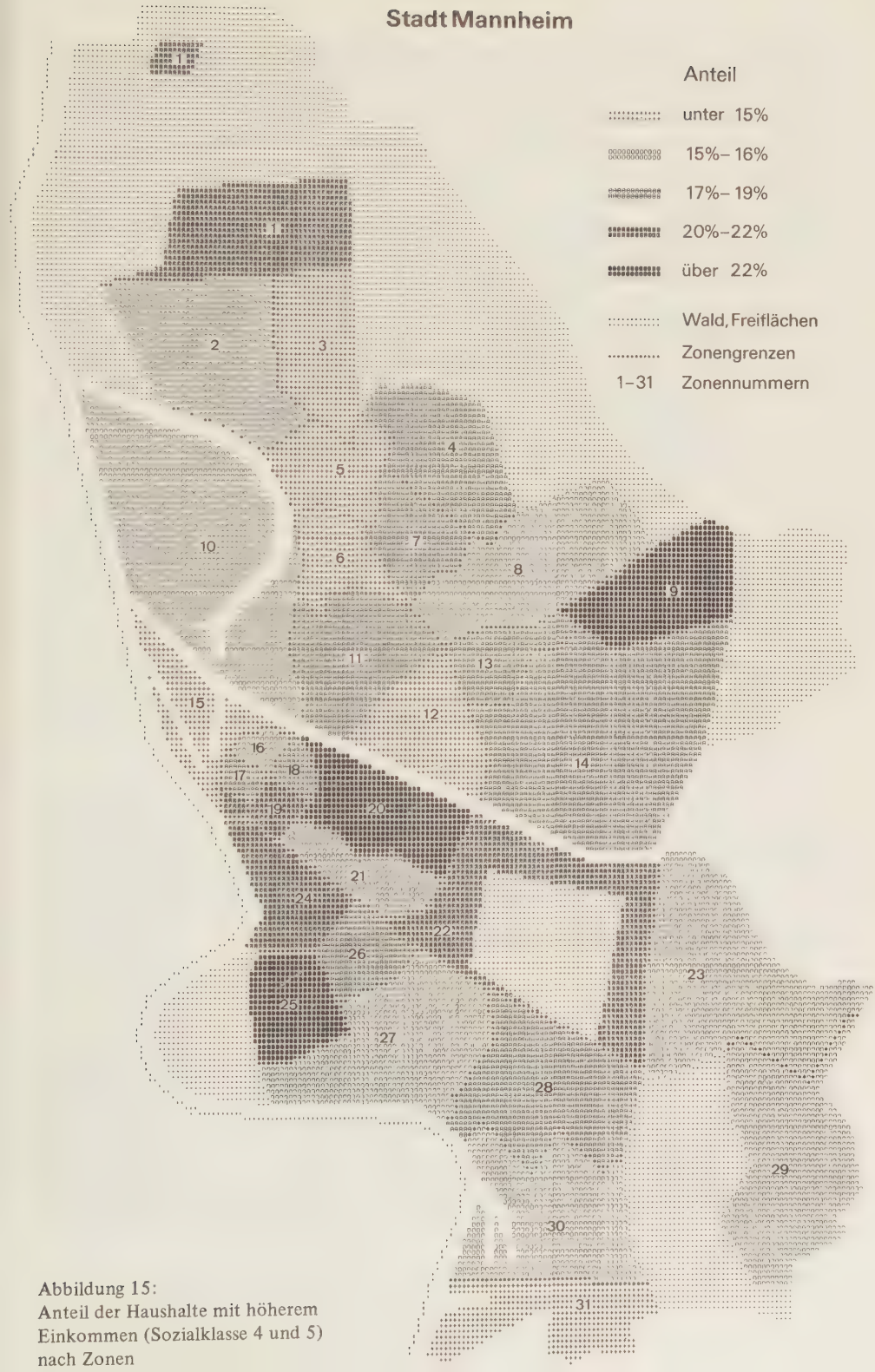


Abbildung 15:
Anteil der Haushalte mit höherem Einkommen (Sozialklasse 4 und 5) nach Zonen

Diese Zusammenhänge werden in Tabelle 9 zusammen mit den höheren Sozialklassen noch einmal dargestellt. Dazu werden die Zonen in jeweils aufsteigender Reihenfolge ihrer Anteile sortiert und diejenigen Zonen durch Schraffur markiert, die in Abbildung 14 und Abbildung 15 mit den beiden dunkelsten Symbolen ausgegeben wurden; d. h. die Zonen, deren Anteil niederer Sozialklassen in der Simulation 55 Prozent (jeweils linke Spalte), bzw. deren Anteil höherer Sozialklassen 20 Prozent (jeweils rechte Spalte) überstieg. Der jeweils gesamtstädtische Durchschnittswert wird durch eine waagrechte Doppellinie gekennzeichnet.

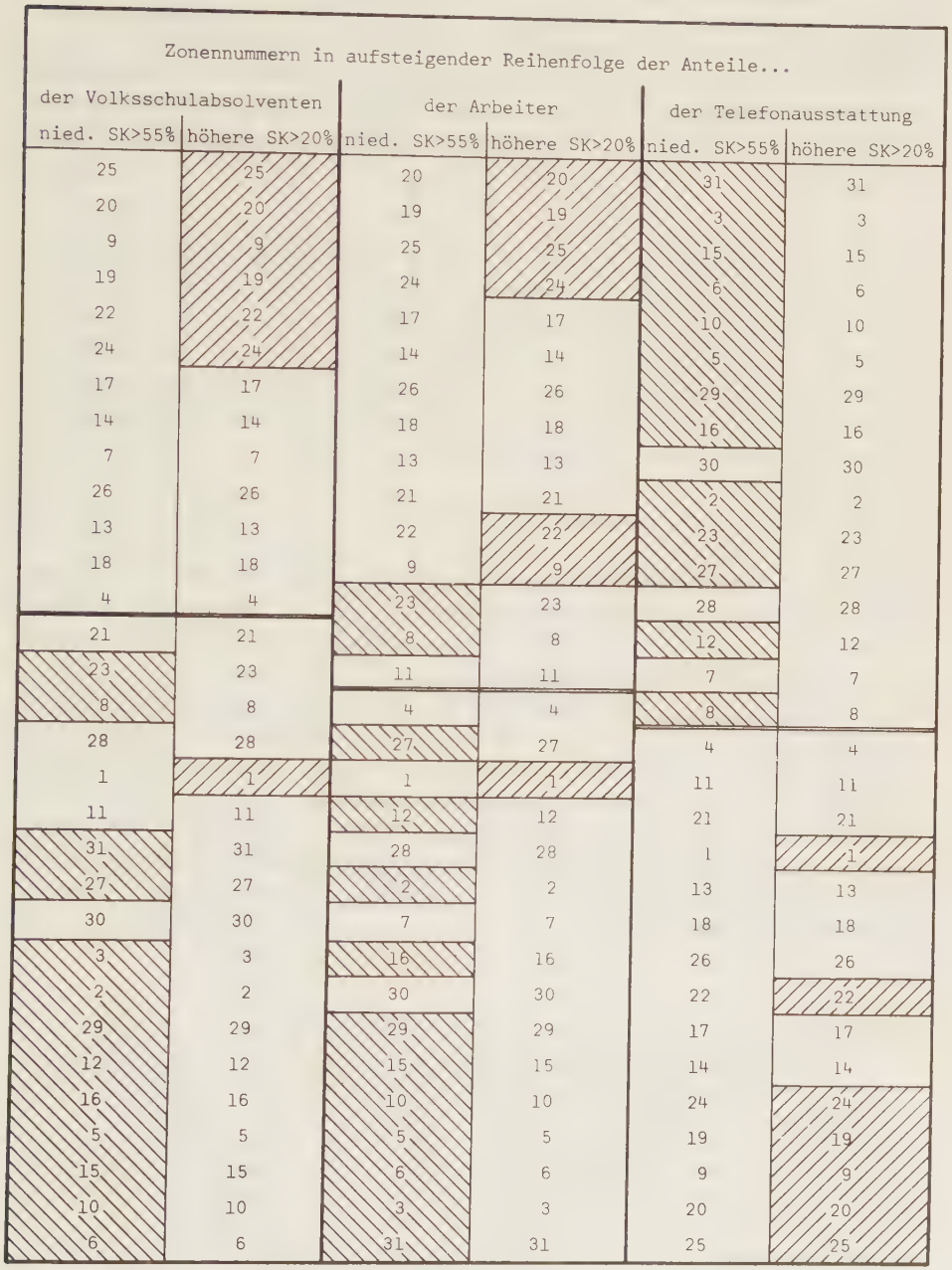
Bei Betrachtung der jeweils linken Spalten in Tabelle 9 lassen sich die oben gemachten Aussagen unschwer ablesen. Die Analyse dieser Tabelle zeigt weiterhin, dass sich die bereits festgestellte Eigenschaft des Modells, tendenziell den Zonen höhere Anteile an niederen Sozialklassen zuzuordnen, die auch in den Substituten überdurchschnittliche Werte aufweisen, analog ebenso für die höheren Sozialklassen bestätigen lässt. So ergibt sich, dass mit Ausnahme von Zone 1 [44] alle sieben Zonen mit einem überdurchschnittlich hohen Anteil höherer Sozialklassen (über 20 Prozent) auch durch überdurchschnittliche Substitutwerte gekennzeichnet sind. Dieser Zusammenhang drückt sich auch darin aus, dass den Zonen mit den vier niedrigsten Arbeiteranteilen (unter 29 Prozent), mit den fünf höchsten Anteilen der Telefonausstattung (über 44 Prozent) und mit den sechs niedrigsten Anteilen an Volksschulabsolventen (unter 49 Prozent), auch vom Modell ein hoher Anteil höherer Sozialklassen zugeordnet wurde. Hierbei ist noch besonders auffällig, dass die Zonen 9, 20 und 25, die mit über 23 Prozent die absolut höchsten Anteile der Sozialklassen 4 und 5 aufweisen, auch durch die absolut höchsten Telefonanteile (über 46 Prozent) und mit unter 44 Prozent durch die absolut niedrigsten Anteile an Volksschulabsolventen charakterisiert sind, wobei sogar jeweils die Reihenfolge identisch ist.

Mit dem Begriff Reihenfolge ist nun ein Stichwort gefallen, das eine weitere Nachweismöglichkeit eröffnet. Es erscheint sinnvoll, die Modellergebnisse dann als gut zu bezeichnen, wenn die Rangfolge der simulierten Werte der Rangfolge der beobachteten Substitute ähnlich ist. Der Rang-Korrelationskoeffizient von Spearman [45] stellt dabei eine häufig angewandte Methode zur Messung der Ähnlichkeit (oder Monotonie) solcher Rangfolgen dar. In Tabelle 10 werden diese Koeffizienten für die jeweiligen Kombinationen angegeben.

44 Diese Zone ist innerhalb der genannten Gruppe durch den kleinsten Anteil höherer Sozialklassen gekennzeichnet und liegt mit 20,1 Prozent nur knapp über der gesetzten Limite von 20 Prozent.

45 Für weitere Ausführungen zum Rang-Korrelationskoeffizient von *Spearman* vgl. z. B. *J. V. Bradley* (9), S. 91 ff.
Es ist zu beachten, dass der Koeffizient an dieser Stelle lediglich als deskriptives Mass für den Zusammenhang verwendet wird und keine stochastischen Eigenschaften damit verbunden werden.

Abbildung 9: Analyse der Sozialklassensubstitute aus der Volkszählung und der simulierten Verteilung



Legende: vgl. umseitige Beschreibung

Tabelle 10: Rang-Korrelationskoeffizienten nach *Spearman*

beobachtete Rangfolge / simulierte Rangfolge	Anteil Volksschulabsolventen	Anteil Arbeiter	Anteil Telefonbesitzer
Anteil niedere Sozialklassen	0,87	0,86	– 0,94
Anteil höhere Sozialklassen	– 0,91	– 0,85	0,93

Dieser Tabelle ist unmittelbar zu entnehmen, dass sämtliche Beziehungen einen äusserst engen Zusammenhang aufweisen[46], was wiederum als ein Indiz für die hinreichende Genauigkeit der Modellergebnisse zu werten ist.

Da die hinreichend genaue Simulation von Sozialstrukturen als eines der wesentlichsten Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zu sehen ist, wird nach der erfolgten gesamtstädtischen Analyse noch an zwei Beispielen gezeigt, dass auch Disparitäten räumlich sehr nahe beieinander liegender Zonen vom Modell in der richtigen Weise simuliert werden.

Als erstes Beispiel werden die Zonen 20 (Oststadt) und 21 (Schwetzingerstadt) angeführt. Bei Betrachtung der Abbildung 15[47] wird unmittelbar deutlich, dass die Oststadt, die geographisch lediglich durch einen Strassenzug von der Schwetzingerstadt getrennt ist, einen erheblich grösseren Anteil höherer Sozialklassen aufweist. Analysiert man nun Tabelle 8 oder Tabelle 9, so findet sich diese Unterscheidung ebenfalls bei den Werten der Substitute wieder.

Noch eindrücklicher lässt sich dies bei den vier Innenstadtzonen (16–19) zeigen, die nach ihrer räumlichen Lokalisation und Ausdehnung nahezu nicht unterscheidbar sind, jedoch charakteristische Unterschiede in ihrer Sozialklassenstruktur beinhalten. So zeigt sich, dass die von höheren Sozialklassen bevorzugte östliche Oberstadt (Zone 19), die von den übrigen Innenstadtzonen nur durch die beiden Hauptgeschäftsstrassen getrennt ist, durch die jeweils relativ besten Werte aller Substitute gekennzeichnet ist. Die mittleren Werte der östlichen Unterstadt (Zone 18) und der westlichen Oberstadt (Zone 17), die vom Modell nahezu nicht unterschieden wur-

46 Für den *Spearman*'schen Rang-Korrelationskoeffizienten (R) gilt $-1.0 \leqslant R \leqslant 1.0$, wobei R = 1.0 bedeutet, dass eine identische Rangfolge vorliegt (z. B. die höheren Sozialklassenanteile der Zonen 25, 20, 9 in bezug auf die Telefonanteile); R = –1.0 dagegen, dass die Reihenfolge genau umgekehrt verläuft (z. B. die höheren Sozialklassenanteile der Zonen 25, 20, 9 in bezug auf die Anteile der Volksschulabsolventen). Würde man die Modellergebnisse und die beobachteten Werte jeweils als Realisationen unabhängiger Zufallsstichproben betrachten (dies liegt selbstverständlich hier *nicht* vor und wird lediglich zur Verdeutlichung des engen Zusammenhangs angeführt), so liesse sich für jede Kombination in Tabelle 10 der Zusammenhang selbst für einen Sicherheitsgrad von 0,99999 noch signifikant nachweisen.

47 Der exakt gleiche Sachverhalt ist auch Abbildung 14 zu entnehmen.

den, finden auch in mittleren, nahe beieinander liegenden Werten der Substitute ihre Entsprechung, ebenso wie die niederen Anteile höherer Sozialklassen in der westlichen Unterstadt (Zone 16).

Abschliessend kann gesagt werden, dass die in diesem Abschnitt dargelegten Überlegungen zwar keine quantitative Beurteilung der Abbildungsqualität zulassen, sich aber durchaus Anhaltspunkte ergeben haben, die erwarten lassen, dass das Modell tendenziell in der Lage ist, unterschiedliche Sozialstrukturen richtig wiederzugeben.

4 Schlussbetrachtung

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, ein mathematisches Modell zur kleinräumigen Allokation der städtischen Grundfunktionen „Wohnen" und „Arbeiten" zu entwickeln. Dabei boten Haushalte (als in sich sozial homogene Gruppe) und Wohnungen die Grundlage der Betrachtung.

Es hat sich gezeigt, dass sich ein solcher Ansatz besonders zur Simulation von Sozialstrukturen eignet, ein Ziel, das schon bei der Modellformulierung im Mittelpunkt stand. Darüber hinaus stellen jedoch auch die Abbildung der Rentnerhaushalte, der Wohnbevölkerung und der Berufspendler wichtige Ausgabeinformationen dar.

An dieser Stelle scheinen einige kritische Bemerkungen zu dem im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Modell angebracht. So wird beispielsweise in (A1)[1] postuliert, dass ein Haushalt bei seiner Wohnungssuche grundsätzlich zuerst seine Ansprüche bezüglich der qualitativen Wohnungsmerkmale zu befriedigen sucht. Hier wäre durch die geeignete Berücksichtigung kompensatorischer Effekte von qualitativen und räumlichen Faktoren eine Weiterentwicklung sinnvoll. Ein solches Vorgehen erlaubte auch eine detailliertere Ausgestaltung der Anspruchsanpassungsprozesse, was insgesamt eine Steigerung der Realitätsnähe des Modells nach sich zöge.

Schliesslich erscheint ein Ausbau der zweiten Modellstufe durch die Berücksichtigung verschiedener Arbeitsplatzkategorien und verfeinerter Zuordnungsstrukturen notwendig. In diesem Sinne ist der vorliegende Ansatz keineswegs als abgeschlossen und endgültig zu bezeichnen, sondern lediglich als ein Grundmodell, das an vielen Stellen der Modifikation oder der Erweiterung bedarf und das offen bleiben muss, jederzeit neue Erfahrungen zu berücksichtigen.

Ebenso ist auch das im Anhang beschriebene Computerprogrammsystem nur als vorläufig zu betrachten. Es wurde deshalb versucht, durch einen modularen Aufbau sicherzustellen, dass Veränderungen relativ einfach, durch Austausch der entsprechenden Programmteile, erfolgen können. Bei der Programmierung wurde im übrigen bewusst in den Vordergrund gestellt, dass dem Anwender die Kenntnis spezieller Computerprogrammsprachen nicht abverlangt werden kann, sondern die Steuerung des Systems mit Hilfe einfacher Kommandobefehle erfolgen muss.

Nur wenn der Planer ein solches Instrument in einer ihm vertrauten und überschaubaren Art und Weise bedienen kann, besteht eine Chance, dass die Praxis ihre noch weit verbreitete Scheu vor solchen Modellen überwindet.

1 vgl. Abschnitt 22.

Anhang

A Benutzeranleitung für das Computerprogrammsystem

A1 Allgemeines

Die vorliegende Benutzeranleitung darf nicht als Beschreibung computertechnischer Einzelheiten missverstanden werden, sondern stellt lediglich einen Ratgeber für Anwender dar, die über keine speziellen Kenntnisse von Programmsprachen verfügen müssen. Für die Verwendung von SYMAP sei auf das Handbuch von *W. D. Rase* (58) verwiesen.

Das Programm ist in der Sprache PL/I codiert. Der Rechenzeitaufwand (CPU) und Speicherbedarf ist naturgemäss von der Zahl der Modellzonen, der Einteilung der Sozialklassen und Wohnungen sowie der Zahl notwendiger Anspruchsanpassungen abhängig. Die im Laufe der praktischen Anwendung erfolgten Simulationsläufe konnten mit einer Regiongrösse von 256 KB[1] und einem Rechenzeitaufwand von jeweils etwa 5 Minuten durchgeführt werden.

Die Steuerung des Programmablaufes erfolgt durch eine Reihe von Parametern, die auf einfache Weise vom Anwender manipuliert werden können. Dabei wird von dem sogenannten Default-Prinzip ausgegangen; dies bedeutet, dass jedem Parameter standardmässig ein Wert zugeordnet ist, der immer dann Gültigkeit besitzt, wenn dem Programm kein anderer Wert zur Verfügung gestellt wird.

Die nähere Beschreibung dieser Parameter und ihre Bereitstellung auf einem File ist Gegenstand des nächsten Abschnittes.

A2 Eingabefile PARAM

Mit diesem File werden dem Programm die Steuerparameter übermittelt. Der diesem (logischen) File zugeordnete (physische) „Dataset" muss feste Records der Länge 80 Bytes enthalten, wobei die ersten 72 Bytes der Übertragung von Informationen und die letzten 8 Bytes der Kennung dienen.

Da gewisse Steuerparameter – wie z. B. die Zahl der Zonen und Klassen – sinnvollerweise immer vorgegeben werden müssen (eine standardmässige Zuordnung ist hier nicht möglich) bedarf es *immer* der Bereitstellung dieses Files. Die Eingabe

1 Hier ist zu beachten, dass die verwendete Anlage (IBM 370/158) eine Veränderung der Regiongrösse nur in Intervallen zu 64 KB zuliess.

Tabelle A1: Liste der Eingabesteuerparameter

Name	Wertebereich	Bedeutung	Standardzuweisung
N	N > 1	Zahl der Zonen der Region	
RM	RM > 0	Zahl der Wohnungsgrössenklassen	
KM	KM > 0	Zahl der Wohnungsausstattungsklassen	keine
SM	SM > 0	Zahl der Sozialklassen	
EM	EM > 0	Zahl der Reisezeitklassen	
NB	NB ⩽ N	Zahl der Binnenzonen	NB = N − 1
SMU	SMU ⩽ SM	Zahl der niederen Sozialklassen	SMU = SM
FMAX	FMAX > 0	Zahl der Widerstandsfunktionen	FMAX = 1
MINZ	MINZ ⩾ 0	Genauigkeitsgrenze für Abbruchbedingung Beschäftigte	MINZ = 0
MINWN	MINWN ⩾ 0	Genauigkeitsgrenze für Abbruchbedingung Wohnungen	MINWN = 0
ZSK	1	Beschäftigte sind nach Sozialklassen vorgegeben	ZSK = 0
	2	Beschäftigte sind nicht nach Sozialklassen vorgegeben	
HH	1	zusätzlich sind die Haushalte vorgegeben	HH = 0
	0	die Haushalte sind nicht vorgegeben	
HHSK	1 HH = 1	die Haushalte sind nach Sozialklassen vorgegeben	HHSK = 0
	0	die Haushalte sind nicht nach Sozialklassen vorgegeben	
FT	1	die Funktion der Wohnungsansprüche wird dreidimensional (Ausstattung/Grösse) vorgegeben	FT = 0
	0	es werden zwei zweidimensionale Funktionen vorgegeben	
AUS	2	es wird nur der Ausgabeprogrammteil ausgeführt; Files PENP, PENS liegen vor, wobei Wohnungsnachfrage ⩾ Wohnungsangebot	AUS = 0
	1	es wird nur der Ausgabeprogrammteil ausgeführt; Files PENP, PENS liegen vor, wobei Wohnungsnachfrage < Wohnungsangebot	
	0	normaler Ablauf mit Verteilung	
PMIN	PMIN > 0	minimale Feldbesetzung für die Fehleranalyse	PMIN = 100
REG	'max. 18 Zeichen'	Bezeichnung der Region	REG = 'nicht spezifiziert'
BSZPT	'max. 8 Zeichen'	Bezeichnung des Basiszeitpunktes	BSZPT = '__.__.__'
SIMZPT	'max. 8 Zeichen'	Bezeichnung des Simulationszeitpunktes	SIMZPT = '__.__.__'
VAR	'max. 1 Zeichen'	Bezeichnung der Variante	VAR = '_'

erfolgt im sogenannten Data-Mode, was folgendes – benutzerfreundliches – Format verlangt:

NAME1=Wert,NAME2=Wert,NAME3=Wert, . . .

d. h. der Name des Steuerparameters ist im Klartext anzugeben, der von dem Zeichen ' = ' und dem Wert *ohne* Zwischenraum gefolgt wird. Mehrere Variablen müssen durch Kommata getrennt werden oder auf verschiedenen Records stehen. Zwischenräume sind *nicht* zulässig.

Beispiel:
Name1=N Wert1=45
Name2=RM Wert2=4

Eingabe:
N=45,RM=4
oder
N=45
RM=4

Die Tabelle A1 enthält die möglichen Parameterspezifikationen und die Beschreibung ihrer Funktionen.

Die Tabelle A2 enthält die Ausgabesteuerparameter des Simulationsprogrammteils. Es gelten für die gesamte Liste folgende Konventionen:
a) Wertbereich:{0,1}
b) Ist der Steuerparameter gleich Eins, so wird der betreffende Wert ausgedruckt; ist er gleich Null, unterbleibt die Aktion.

Tabelle A2: Liste der Ausgabesteuerparameter

Name	Ausdrucken der Werte . . .	Standard-zuweisung
AA	Anspruchsanpassungen	AA = 0
FRK	freie Kapazitäten	FRK = 0
SOZ	Sozialstrukturen	SOZ = 0
ZDR	disaggregierte Haushalte	ZDR = 0
W	Wohnende	W = 0
WI	Wohnende mit Abweichungen	WI = 0
PDR	Pendlermatrix	PDR = 0
PDRI	Pendlermatrix mit beobachteten Werten	PDRI = 0
PAB	Abweichungen der simulierten und beobachteten Pendlerbeziehungen	PAB = 0
PABB	Abweichungsanalyse für die Binnenpendlerströme	PABB = 0

Die für die Steuerparameter explizit angegebenen Bedingungen werden vom Programm getestet. Bei Verletzung wenigstens einer Bedingung wird die Ausführung abgebrochen. Somit müssen zumindest die Parameter, für die Standardzuweisungen ohnehin nicht sinnvoll angegeben werden können, spezifiziert sein, um einen Programmabbruch zu vermeiden.

Durch geeignete Zuweisung kann nun jede gewünschte (sinnvolle) Programmvariante angesteuert werden.

A3 Dateneingabefiles

A31 Aufbau und Formate

Für den Fall, dass alle möglichen Druckausgaben vom Anwender gewünscht werden (d. h. auch die Abweichungsanalysen), müssen die nötigen Eingabeformationen auf vier externen Files zur Verfügung gestellt werden. Dabei ist zu beachten, dass die richtige Dateneingabe (d. h. die korrekte Anzahl vorhandener Datenitems) vom Programm überwacht wird. Eine eventuell fehlerhafte Dateneingabe wird nach Ausdruck einer entsprechenden Meldung abgebrochen[2].

Um die Dateneingabe für den Anwender zu erleichtern, wurde das Programm so angelegt, dass alle vier Dateneingabefiles identische Eigenschaften aufweisen. So bedarf es jeweils einer sequenziellen Organisation der zugehörigen Datasets[3] fester Records, wobei sich die minimale Recordlänge aus folgender Beziehung ergibt:

$$\text{minimale Recordlänge (Bytes)}^{4} = \begin{cases} 12 + (6 \cdot N) & \text{für } N < 10 \\ 72 & \text{sonst} \end{cases}$$

Die ersten 12 Bytes eines jeden Records dienen lediglich der Bezeichnung und werden nicht gelesen. Die eigentlichen Daten beginnen mit dem 13. Byte und enden mit dem letzten Byte der minimalen Recordlänge.

Je nach gelesenem Merkmal, wird der zwischen den beiden Grenzen liegende Informationsteil auf zwei verschiedene Arten interpretiert[5]:

a) *Zonenbezeichnungen* (Byte 13 bis Byte 22) als 10 Zeichen eines Namens
b) *alle übrigen (numerischen) Informationen* (Byte 13 bis min. Recordlänge) als Felder von je 6 Bytes.
   Innerhalb dieser Felder können die Werte mit Dezimalpunkt überall beginnen, die Werte ohne Dezimalpunkt müssen dagegen rechtsbündig stehen.

2 Aus diesem Grunde muss das Wort *Ende* die Daten jedes der vier Eingabefiles abschliessen. Dieses Wort muss dabei dem letzten Datenitem unmittelbar folgen.
3 Die noch zu beschreibenden Files *Dat1* und *Dat2* müssen darüber hinaus die Möglichkeit zweimaligen Lesens gestatten.
4 Bekanntermassen gilt für N die Restriktion $N > 1$.
5 vgl. hierzu Abbildung A1.

Die Elemente eines Vektors, bzw. eine Zeile einer Matrix, müssen fortlaufend angegeben sein. Jede neue Zeile einer Matrix beginnt auf einem neuen Record. Dabei besteht für die Indices grundsätzlich folgende Hierarchie:
a) Beschäftigungszone
b) Wohnzone
c) Sozialklasse
d) Ausstattungsklasse
e) Grössenklasse
f) Entfernungsklasse.
Dies bedeutet, dass bei der Eingabe einer Matrix zuerst die Elemente des am niedrigsten eingestuften Index eingelesen werden und dann erst der nächsthöhere Index folgt.

A32 File DAT1
Mit Hilfe dieses Files werden dem Programm die Daten übermittelt, die zur Disaggregation der Haushalte nötig sind. Wie bereits in Abschnitt 232 beschrieben wurde, erarbeitet sich das Modell je nach vorgegebener Datenvariante seinen eigenen Informationsinput. In Abbildung A2 werden diese Varianten in Form einer Baumstruktur wiedergegeben, wobei durch die Pfeilrichtung gleichzeitig die notwendige Sequenz der Eingabepakete bestimmt wird. In der Legende werden dabei die den Knoten zugeordneten Pakete verdeutlicht. Wie sich schon aus der mathematischen Formulierung in Abschnitt 232 ergibt, kann die Dateneingabe entweder nach den Blöcken 4 bzw. 5 oder bei zusätzlicher Vorgabe der Haushalte nach den Blöcken 6 bzw. 7 abgebrochen werden. Damit ergeben sich insgesamt 12 mögliche (und sinnvolle) Eingabevarianten[6]. Die an den Verbindungslinien angegebenen Parameterwerte geben deren, für die betreffende Variante notwendige, Spezifikation wieder.

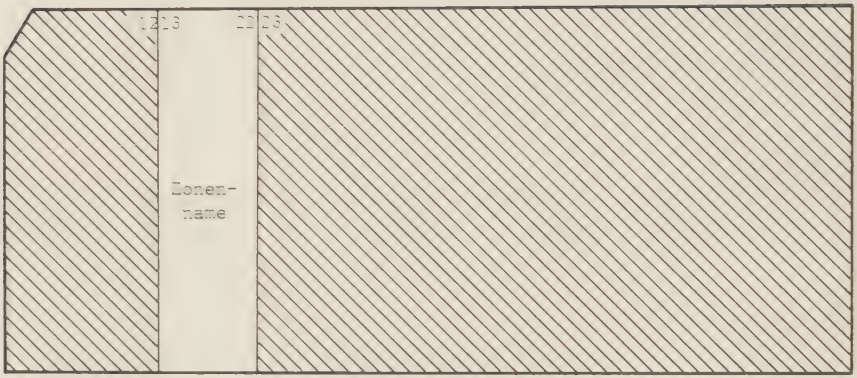
A33 File DAT2
Dieses File enthält die Matrix der angebotenen Wohnungen, der Reisezeitindices (bzw. Reisekostenindices), die Widerstandsfunktionen sowie deren Zuordnung zu Zonen. Zur Verdeutlichung wird diese Reihenfolge in Abbildung A3 mit den Symbolen aus der mathematischen Formulierung dargestellt.

A34 File DAT3
Dieses File enthält die zur Erstellung der Tabellen erforderlichen Zonenbezeichnungen und die vier Vektoren der durchschnittlichen Haushaltsgrössen. Für den Fall, dass für die Wohnenden eine Abweichungsanalyse vorgenommen werden soll, muss sich daran der Vektor der beobachteten Wohnbevölkerung anschliessen. Wird die Analyse nicht gewünscht (gilt also WI = 0), dürfen keine solchen Werte angegeben sein, wenn ein Programmabbruch wegen fehlerhafter Dateneingabe vermieden werden soll. Dies wird in Abbildung A4 verdeutlicht.

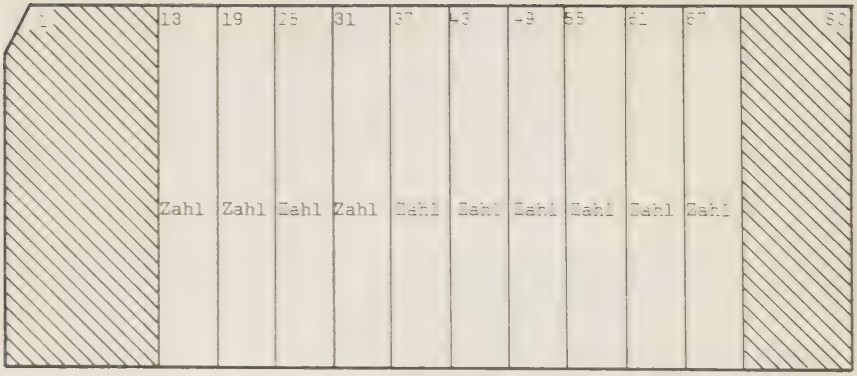
6 Die der praktischen Anwendung zugrundeliegende Variante ist durch die Folge der Blöcke A–1–3–4 gekennzeichnet.

Abbildung A1: Eingabeformate

Eingabeformat[1] A

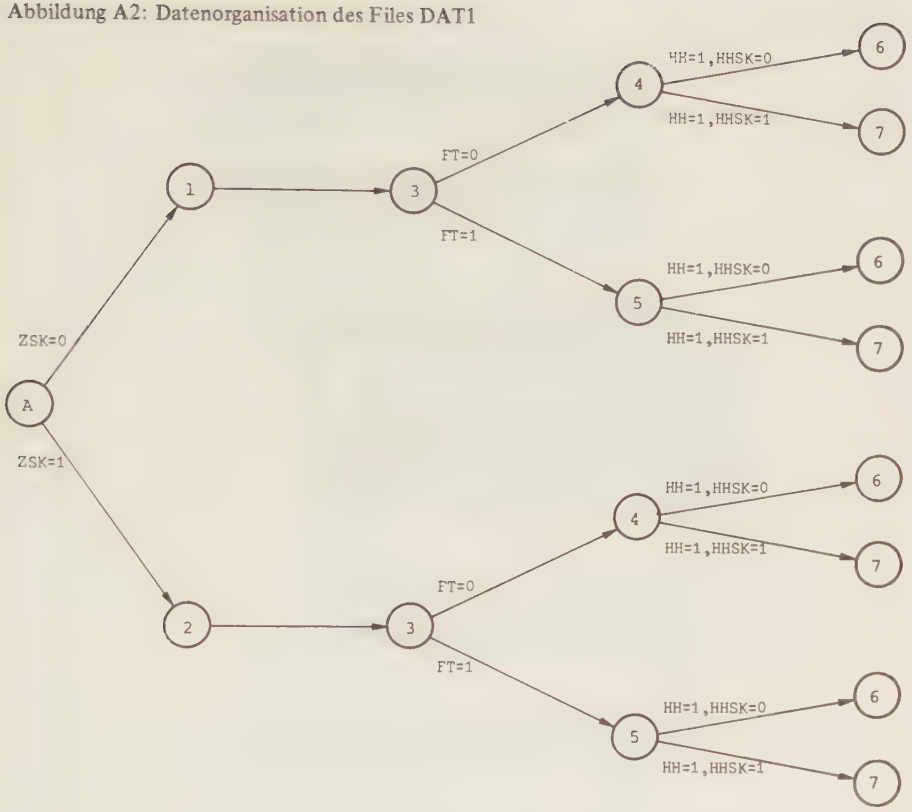


Eingabeformat[1] B



[1]Die schraffierten Teile der Karten werden nicht gelesen.

Abbildung A2: Datenorganisation des Files DAT1



LEGENDE

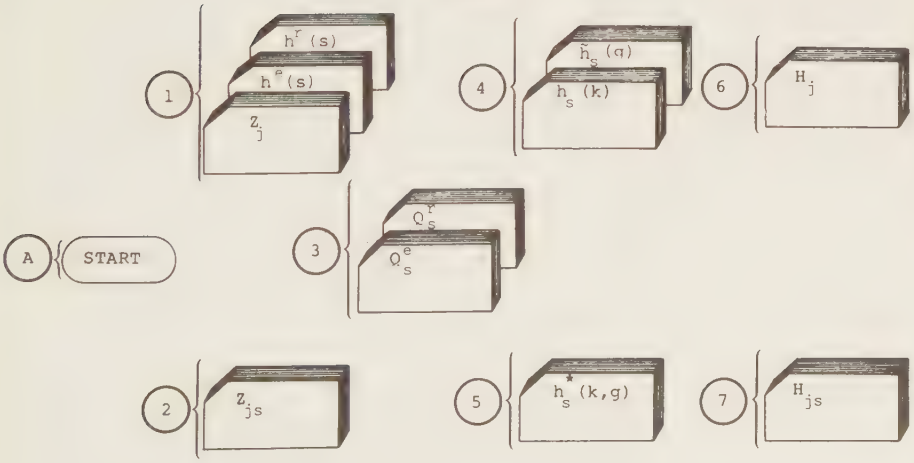


Abbildung A3: Datenorganisation des Files DAT2

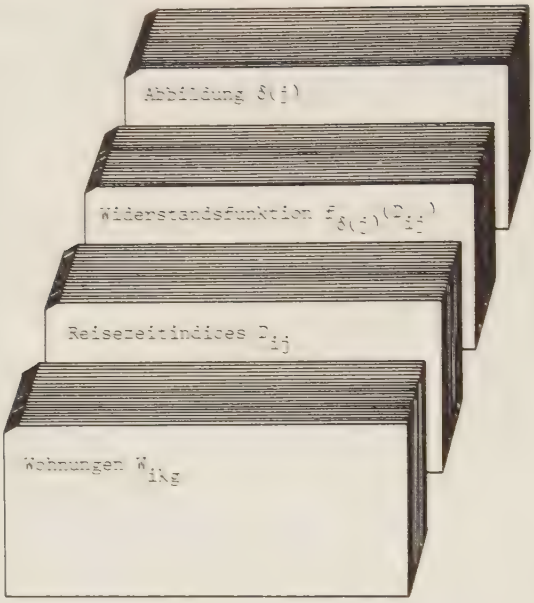
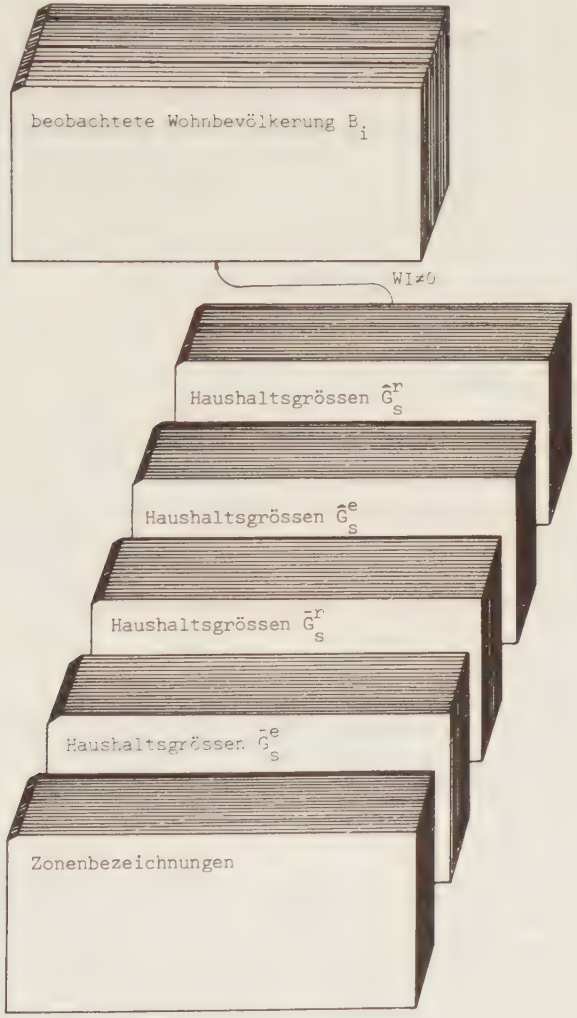


Abbildung A4: Datenorganisation des Files DAT3



A35 File DAT4
Übermitteln die bisher dargestellten Files DAT1, DAT2 und DAT3 dem Programm notwendige Eingabeinformationen[7], so enthält das File DAT4 lediglich Testwerte, die in manchen Fällen (bei Simulation vergangener Systemzustände) der Ergebnisanalyse dienen. Sie beeinflussen jedoch in keiner Weise die Ermittlung des Simulationsergebnisses. Für den Fall, dass beobachtete Pendlerzahlen ausgedruckt oder mit ihrer Hilfe Abweichungsanalysen durchgeführt werden sollen (d. h. wenigstens einer der Parameter PDRI, PAB oder PABB grösser Null ist), muss dieses File bereitgestellt werden und die beobachtete Pendlermatrix enthalten. Auf der N-ten Zeile muss dabei die jeweils beobachtete Anzahl an Rentnern stehen. Werden solche Ausgaben nicht gewünscht, kann dieses File entfallen.

A4 Zwischenspeicherfiles

Die Zwischenspeicher haben die Aufgabe, vom Programm berechnete Zwischenergebnisse zu bewahren, die entweder aus Gründen der Platzersparnis innerhalb eines Programmoduls oder aufgrund der Overlay-Struktur des Gesamtsystems im Hauptspeicher zerstört werden. Dabei werden die Files im sogenannten Record-I/O bearbeitet, was bedeutet, dass die Informationen im Gegensatz zur Character-Darstellung der Eingabefiles im internen Maschinencode gespeichert sind.

A41 Zwischenspeicherfile BESCH
Dieses File enthält die Ausgabe des Programmteils zur Disaggregation der Haushalte, d. h. die nach Zonen, Sozialklassen und Wohnungswünschen differenzierten Haushalte, nach Massgabe der in Abschnitt A31 angegebenen Hierarchie der Indices. Dabei bedarf es Records fester Länge von 2 Bytes.

A42 Zwischenspeicherfile PENP
Dieses File wird im Laufe der Iterationen der ersten Modellstufe als Zwischenspeicher benutzt und enthält nach deren Beendigung die Zuordnung der Haushalte auf ihre Wohnungen. Dabei wird aus programmtechnischen Gründen von der Hierarchie in Abschnitt A31 abgewichen und die Sozialklassengliederung an deren Spitze gesetzt. Hier bedarf es ebenfalls Records fester Länge von 2 Bytes.

A43 Zwischenspeicherfile PENS
Analog zu PENP enthält dieses File die Endergebnisse der zweiten Modellstufe, d. h. die simulierte Berufspendlermatrix nach Massgabe der genannten Indexhierarchie, die auf Records fester Länge von 4 Bytes abgespeichert werden.

7 Eine Ausnahme bilden hier die beobachteten Wohnenden auf File *DAT 3*.

A5 Ausgabefile DRUCK

Die gesamte Druckausgabe wird über dieses File abgegeben. Dabei sind feste Records der Länge von 121 Bytes erforderlich, wovon das erste Byte als ASA-Control-Character interpretiert wird, das den Zeilenvorschub steuert. Die Druckausgabe erfolgt somit auf maximal 120 Zeichen pro Zeile.

Literaturverzeichnis

1 *Albers, G.:* Stadtentwicklungsplanung in: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.), Handwörterbuch der Raumforschung und Raumordnung, Bd. III, S. 3202–3203, Hannover 1970

2 *Albert, H.:* Probleme der Theoriebildung, Entwicklung, Struktur und Anwendung sozialwissenschaftlicher Theorien in *Albert, H.* (Hrsg.) Theorie und Realität, Tübingen 1964

3 *Bahlberg, M.:* Modelle in der Raumforschung in: Handwörterbuch der Raumforschung und Raumordnung, Bd. II, S. 1999–2004, Hannover 1970

4 *Batty, M.:* The Development of an Activity Allocation Model for the Nottingham Derbyshire Subregion in: Regional Studies, Vol. 4, 1970, S. 307–332

5 *Batty, M.:* Design and Construction of a Subregional Land Use Model in: Socio-Economic Planning Science, Vol. 5, 1971, S. 97–124

6 *Batty, M.:* Recent Developments in Land-Use Modelling: A Review of British Research in: Urban Studies, Vol. 9, 1972, S. 151–176

7 *Ben-Shahar, H.* et al.: Town Planning and Welfare Maximization: A Methodological Approach in: Regional Studies, Vol. 3, 1969, S. 105–113

8 *Bernstein, S. J.* et al.: Urban Residential Renewal Investments: A Policy Analysis Employing Linear Programming in: Socio-Economic Planning Science, Vol. 6, 1972, S. 251–262

9 *Bradley, J. V.:* Distribution-Free Statistical Tests, Englewood Cliffs 1968

10 *Brown, H. J.* et al.: Empirical Models of Urban Land Use: Suggestions on Research Objectives and Organization, National Bureau of Economic Research, New York, 1972

11 *Choukroun, J. M.:* A General Framework for the Development of Gravity-Type Distribution Models in: Regional Science and Urban Economics, Vol. 5, Nr. 2, 1975, S. 177–202

12 *Cordey-Hayes, M., Massey, D. B.:* An Operational Urban Development Model of Cheshire, London 1970

13 *Courtney, J. F.:* An Analytical Model of Urban Housing Markets in: Socio-Economic Planning Science, Vol. 8, 1974, S. 249–256

14 *Crecine, J. P.:* TOMM Time Oriented Metropolitan Model, Departement of City Planning, Pittsburgh, Pennsylvania, 1964

15 *Crecine, J. P.:* A Dynamic Model of Urban Structure, The Rand Corporation, Santa Monica, 1968

16 *Cripps, E. L., Foot, D. H. S.:* A Land Use Model for Sub-Regional Planning, in: Regional Studies, Vol. 3, 1969, S. 243–268

17 *Diedrich, H.:* Mathematische Optimierung: ihr Rationalisierungsbeitrag für die Stadtentwicklung, Beiträge zur Stadt- und Regionalforschung, Heft 1, Göttingen 1970

18 *Duwendag, W.:* Methoden und Determinanten einer Wohnungsbedarfs-, Kosten- und Mietprognose für die Bundesrepublik Deutschland 1975, Münster 1970

19 *Duwendag, D.* et al.: Wohnungsbedarfsprognose für die Bundesrepublik Deutschland bis 1985, Beiträge zum Siedlungs- und Wohnungswesen und zur Raumplanung, Band 3, Münster 1972

20 *Echenique, M.* et al.: Development of a Model of a Town, Working Paper, No. 26, Land Use and Built Form Studies (LUBFS), University of Cambridge, England 1969

21 *Environmetrics Inc.:* The Urban Systems Model – A Design, Prepared for the Departement of Transportation Washington D. C. 1972

22 *Euler, M.:* Die Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 1969 in: Wirtschaft und Statistik, Vol. 20, 1968, S. 289–291
23 *Forrester, J. W.:* Urban Dynamics, Cambridge Mass. 1969
24 *Forrester, J. W.* World Dynamics, Cambridge Mass. 1971
25 *Gaefgen, G.:* Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, Tübingen 1974
26 *Garin, R. A.:* A Matrix Formulation of the *Lowry* Model for Intrametropolitan Activity Allocation in: Journal of the American Institute of Planners, Vol. 32, 1966, S. 361–366
27 *Goldner, W.:* Projective Land Use Model (PLUM) Bay Area Transportation Study Commission, BATSC Technical Report 219, Berkely 1968
28 *Goldner, W.* et al.: Plan Making with a Computer Model: Projective Land Use Model, Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California, Berkely 1972
29 *Hautzinger, H.:* Ein Verfahren zur Bestimmung der Verteilung des Verkehrs in einem Strassennetz bei verallgemeinert-belastungsabhängigen Reisezeiten, Dissertation an der Universität (WH) Mannheim, Mannheim 1973
30 *Helly, W.:* Traffic Generation, Distribution and Assignment in: *Gazis, D. C.* (Hrsg.), Traffic Science, New York 1974
31 *Heinen, E.:* Betriebswirtschaftliche Kostenlehre, Wiesbaden 1970
32 *Hugger, W.:* Weltmodelle auf dem Prüfstand, Interdisciplinary Systems Research, Interdisziplinäre Systemforschung, Bd. 2, Basel, Stuttgart 1974
33 *Joehr, W.:* Gespräche über Wissenschaftstheorie, Tübingen 1973
34 *Kilbridge, M. D.* et al.: A Conceptual Framework for Urban Planning Models in: Management Science, Vol. 15, 1969, S. B–246 – B–266
35 *Kirsch, W.:* Entscheidungsprozesse I, Verhaltenswissenschaftliche Ansätze der Entscheidungstheorie, Wiesbaden 1970
36 *Kirsch, W.:* Entscheidungsprozesse III, Entscheidungen in Organisationen, Wiesbaden 1971
37 *Kistenmacher, H.:* Basic-Nonbasic-Konzept in: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.), Handwörterbuch der Raumforschung und Raumordnung, Bd. I, S. 149–158, Hannover 1970
38 *Kosiol, E.:* Betriebswirtschaftslehre und Unternehmensforschung in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Vol. 12, 1964, S. 743–762
39 *Lindblom, C. E.:* The Science of „Muddling Through" in: *Leavitt, H. J., Pondy, L. R.* (Hrsg.), Readings in Managerial Psychology, Chicago–London 1964
40 *Lowry, I. S.:* A Model of Metropolis, The RAND Corporation, Santa Monica 1964
41 *Lowry, I. S.:* A Short Course in Model Design in: AIP-Journal, Vol. 31, 1965, S. 158–166
42 *Maelich, W.:* Analyse und Prognose räumlicher Bevölkerungsverteilungen und ihrer Veränderungen, Berlin 1973
43 *Maennling, L.:* Städtestatistik, Stadtforschung und Stadtentwicklungsplanung in: vierteljährliche Berichte und Beiträge aus Stadtentwicklung, Stadtforschung, Statistik, 4. Vierteljahr, Wuppertal, 1973, S. 14–34
44 *Masser, I.* et al.: LOMODO 61, Universität Dortmund, Dortmund 1970
45 *Meadows, D. L.:* The Limits to Growth, New York 1972
46 *Muller, M.:* Die Markov-Kette als Modell zur Analyse und Prognose räumlicher Bevölkerungsverteilungen: eine empirische Untersuchung, durchgeführt für die Stadt Mannheim, Dissertation an der Universität (WH) Mannheim, Mannheim 1973
47 *Münnich, F. E.:* Das Prinzip der Optimierung in: Stadtbauwelt, Heft 51/52, 1969, S. 275–277
48 *Naschold, F.:* Optimierung: Möglichkeiten, Grenzen und Gefahren in: Stadtbauwelt, Heft 51/52, 1969, S. 282–285
49 *Newell, G. F.* (Hrsg.): Traffic Flow and Transportation, New York 1970
50 *Niedercorn, J. H.:* An Econometric Model of Metropolitan Employment and Population Growth, The RAND Corporation, Santa Monica 1963

51 *Nijkamp, P.:* Reflections on Gravity and Entropy Models in: Regional Science and Urban Economics, Vol. 5, 1975, S. 203–225
52 *Nowak, J.:* Simulation und Stadtentwicklungsplanung, Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz 1973
53 *Peat, Marwick, Mitchell & Co.:* EMPIRIC, Activity Allocation Model, Application to the Denver Region, Washington, D. C. 1972
54 *Popp, W.:* Einige Bemerkungen über Simulationsmodelle zur Allokation städtebaulicher Funktionen, RKW-Skript, Bauforschungstag 1971, Teil II, Schriftliche Beiträge, Berlin 1971
55 *Popp, W.* et al.: Entwicklung des Planungsinstruments SIARSSY, Schriftenreihe des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Städtebauliche Forschung 03.018, Erlangen, Freiburg, Mannheim, Stuttgart, Zürich 1973
56 *Popp, W.* et al.: SIARSSY-73, unveröffentlichtes Manuskript, Bern 1975
57 *Putman, S. H.:* Developing and Testing an Intra-Regional Model in: Regional Studies, Vol. 4, 1970, S. 473–490
58 *Rase, W. D.:* Symaphandbuch, EDV-Report 2/74, Bonn–Bad Godesberg, 1974
59 *Rase, W. D., Schaefer, H.:* Computerunterstützte Herstellung thematischer Karten in: Öffentliche Verwaltung und Datenverarbeitung, Vol. 4, 1974, S. 224–239
60 *Reichenbach, E.:* Vergleich von Stadtentwicklungsmodellen, Braunschweig 1972
61 *Saettler, M.:* Ein ökonomisches Simulationsmodell für zentrale Orte als Instrument der Stadtentwicklungsplanung, Meisenheim am Glan 1973
62 *Schumann, E.-U.:* Steuerungsmöglichkeiten der Bautätigkeit in neuen Wohngebieten in: Vierteljährliche Berichte und Beiträge aus Statistik und Stadtforschung Wuppertals, 3. Vierteljahr 1970, S. 20–23
63 *Senior, M. L.:* Approaches to Residential Location Modelling 1, Urban Ecological and Spatial Interaction Models (A Review) in: Environment and Planning, Vol. 5, 1973, S. 165–197
64 *Senior, M. L.:* Approaches to Residential Location Modelling 2, Urban Economic Models and Some Recent Developments (A Review) in: Environment and Planning, Vol. 6, 1974, S. 369–409
65 *Skjei, S. S.:* Linear Programming and Comprehensive Planning: the Context of Site Development in: Socio Economic Planning Science, Vol. 6, 1972, S. 227–240
66 *Staehlin, W.:* Theoretische und technologische Forschung in der Betriebswirtschaftslehre, Stuttgart 1973
67 *Stradal, O.* et al.: Entwicklung des Planungsinstrumentes ORL-MOD-1. Zürich 1970
68 *Stradal, O., Sorgo, K.:* ORL-MOD-1 Ein Modell zur regionalen Allokation von Aktivitäten, Zürich 1971
69 *Thoss, R.:* Die Formulierung von Leitbildern für die Landesplanung mit Hilfe linearer Programme, Aachen 1969
70 *Wegener, M.:* Das kommunale Simulationslaboratorium, Battelle Institut e. V., Frankfurt/M. 1974
71 *Wilson, A. G.:* A Statistical Theory of Spatial Distribution Models in: Transportation Research, Vol. 1, 1967, S. 253–269
72 *Wilson, A. G.:* Entropy in Urban and Regional Modelling, London 1970
73 *Woehe, G.:* Methodologische Grundprobleme der Betriebswirtschaftslehre, Meisenheim am Glan 1959
74 *Zentrum Berlin für Zukunftsforschung ZBZ:* Das Berliner Simulationsmodell BESI im Grundriss in: Analysen und Prognosen, Heft 9, 1970, S. 13–17

Quellen des statistischen Materials

1 *Amt für Stadtforschung, Statistik und Wahlen der Stadt Mannheim* (Hrsg.): Ergebnisse der Volkszählung vom 27. Mai 1970. Bevölkerungsstrukturdaten in mehrstufiger kleinräumiger Gliederung. Beiträge zur Statistik der Stadt Mannheim, Heft 67, 1972

2 – Weitere Ergebnisse der Volks- und Berufszählung 1970. Die Pendlerwanderung. Beiträge zur Statistik der Stadt Mannheim, Heft 71, 1974

3 – Gebäude- und Wohnungszählung am 25. Oktober 1968 in Mannheim, Ergebnisse nach statistischen Bezirken. Beiträge zur Statistik der Stadt Mannheim, Heft 64, 1970

4 – Bautätigkeit 1970, unveröffentlichte Tabelle

5 – Fortschreibung des Wohnraumbestandes nach statistischen Bezirken, unveröffentlichte Tabelle

6 *Statistisches Landesamt Baden-Württemberg* (Hrsg.): Erste Ergebnisse der Volkszählung 1970. Statistische Berichte AO Volkszählung 1970–1, Stuttgart 1971

7 – Einpendler, Berufs- und Ausbildungspendler nach Wohn- und Zielgemeinden, Familienstand, Altersgruppen und Wirtschaftsabteilungen. Volkszählung 1970, unveröffentlichte Computertabelle

8 – Auspendler, Berufs- und Ausbildungspendler nach Wohn- und Zielgemeinden, Familienstand, Altersgruppen und Wirtschaftsabteilungen. Volkszählung 1970, unveröffentlichte Computertabelle

9 *Statistisches Landesamt Baden-Württemberg* (Hrsg.): Bewohnte Mietwohnungen in Wohngebäuden mit Mietangabe nach monatlicher Quadratmetermiete, Ausstattung und Grösse, Gebäude- und Wohnungszählung 1968, unveröffentlichte Computertabelle

10 – Wohnungen nach Wohnfläche und Raumzahl. Gebäude- und Wohnungszählung 1968, unveröffentlichte Computertabelle

11 *Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz:* (Hrsg.): Strukturdaten der Bevölkerung und Haushalte in den Kreisen am 25. 5. 1970. Statistische Berichte AO/VZ 1970–2, Bad Ems, 1971

12 – Einpendler, Berufs- und Ausbildungspendler nach Wohn- und Zielgemeinden, Familienstand, Altersgruppen und Wirtschaftsabteilungen. Volkszählung 1970, unveröffentlichte Computertabelle

13 – Auspendler, Berufs- und Ausbildungspendler nach Wohn- und Zielgemeinden, Familienstand, Altersgruppen und Wirtschaftsabteilungen. Volkszählung 1970, unveröffentlichte Computertabelle

14 – Bewohnte Mietwohnungen in Wohngebäuden mit Mietangabe nach monatlicher Quadratmetermiete, Ausstattung und Grösse. Gebäude- und Wohnungszählung 1968, unveröffentlichte Computertabelle

15 – Wohnungen nach Wohnfläche und Raumzahl. Gebäude- und Wohnungszählung 1968, unveröffentlichte Computertabelle

16 *Hessisches Statistisches Landesamt* (Hrsg.): Ausgewählte Strukturdaten über die Wohnbevölkerung in den kreisfreien Städten und Landkreisen. Statistische Berichte, AO/Volkszählung 1970–1/100, Wiesbaden 1971

17 – Die Auspendler aus den Gemeinden des Landkreises Bergstrasse in ausgewählte Zielgemeinden. Statistische Berichte, AO/Volkszählung 1970–4/132, Wiesbaden 1972

18 – Die Einpendler in die kreisangehörigen Gemeinden des Regierungsbezirks Darmstadt. Statistische Berichte, AO/Volkszählung 1970–5/101, Wiesbaden 1973

19 – Bewohnte Mietwohnungen in Wohngebäuden mit Mietangabe nach monatlicher Quadratmetermiete, Ausstattung und Grösse. Gebäude- und Wohnungszählung 1968, unveröffentlichte Computertabelle
20 – Wohnungen nach Wohnfläche und Raumzahl. Gebäude- und Wohnungszählung 1968, unveröffentlichte Computertabelle
21 *Statistisches Bundesamt* (Hrsg.): Bestand an Wohnungen. Fortgeschriebene Ergebnisse 21. 12. 1968, 31. 12. 1969 und 31. 12. 1970. Fachserie E, Bauwirtschaft, Bautätigkeit, Wohnungen, Reihe 6, Wiesbaden 1969, 1970, 1971